

SCIENCE ET VIE

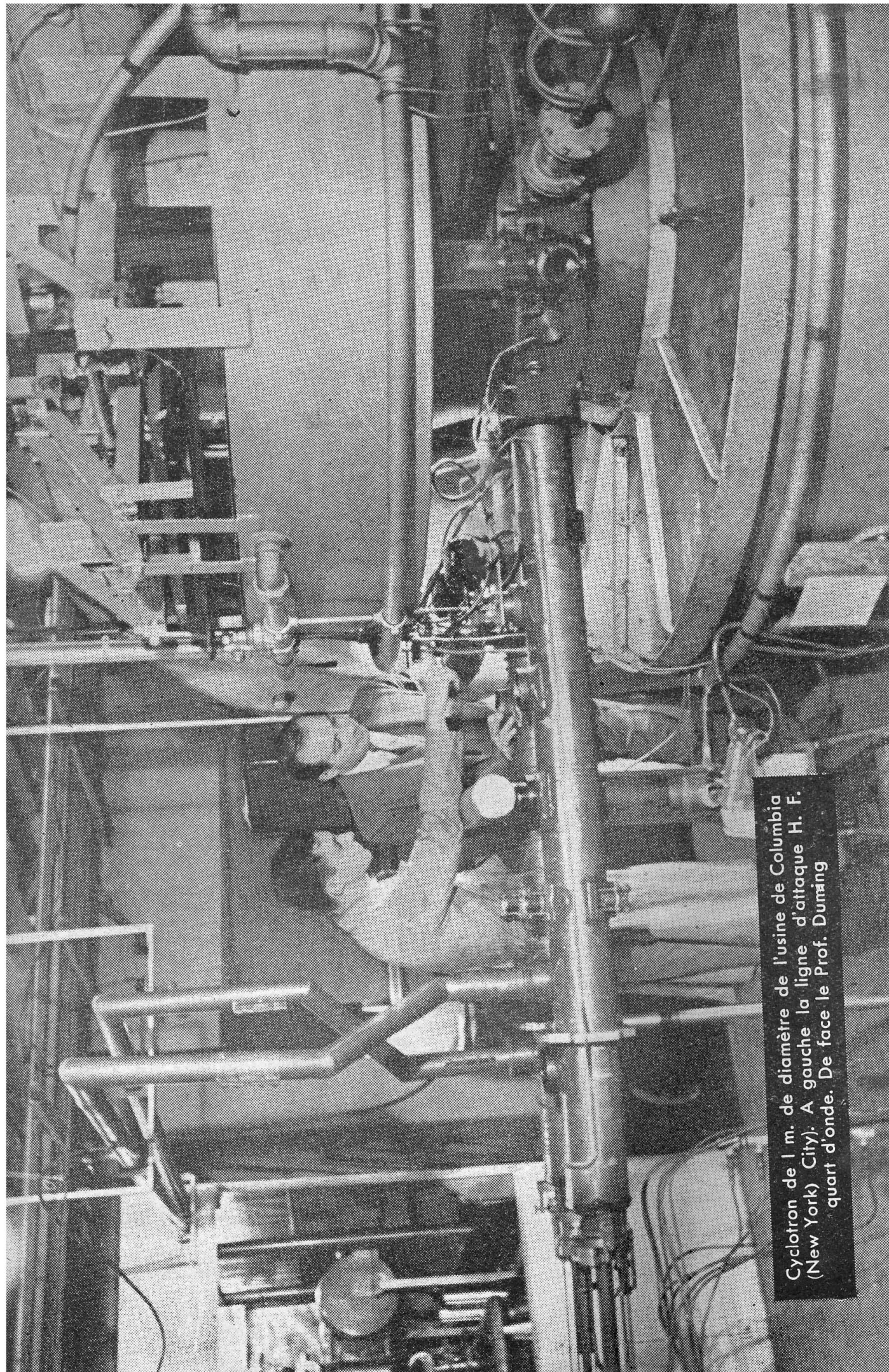
SEPTEMBRE 1945

N 336

20 FRANCS



Ree
Ren



Cyclotron de 1 m. de diamètre de l'usine de Columbia (New York City). A gauche la ligne d'attaque H. F. Duménil. De face le Prof. Duménil quart d'onde.

LA BOMBE ATOMIQUE

par Maurice-E. NAHMIAS
Docteur ès sciences physiques

Le lundi 6 août 1945, à 9 heures (temps local), la première bombe atomique était lancée d'un avion sur la base navale japonaise d'Hiroshima, causant des dégâts considérables. Ainsi l'équipe de spécialistes qui travaillait aux Etats-Unis avait, la première, atteint le but. Les recherches envisagées dès 1938 en Allemagne, en France, en Italie, au Danemark, en Angleterre, aux Etats-Unis, en U.R.S.S., au Japon, et que les belligérants poursuivaient avec une hâte fébrile — quelques initiés le savaient — venaient d'aboutir. C'est évidemment en Amérique, où l'on hésite rarement devant les entreprises grandioses, que ces travaux avaient le plus de chances d'atteindre le stade des réalisations pratiques. N'y a-t-on pas consacré, depuis 1940, plus de 150 milliards de francs? Les détails de fabrication de la bombe atomique constituent le « secret », jusqu'ici bien gardé, de cette nouvelle technique. Mais il est cependant possible, d'ores et déjà, de préciser les bases théoriques sur lesquelles repose la construction et le fonctionnement du nouvel engin, et que mettront en œuvre demain les centrales de types nouveaux qui exploiteront les énormes sources d'énergie que la science met aujourd'hui à la portée de l'homme.

Si le premier exemple d'exploitation pratique de l'énergie atomique, sous la forme des bombes qui ont achevé l'effondrement du Japon, est le résultat des recherches poursuivies aux Etats-Unis avec les moyens qu'on imagine au cours des deux ou trois dernières années, la découverte fondamentale sur laquelle cette réalisation repose — celle de la rupture explosive des noyaux atomiques de l'uranium et du thorium — remonte à 1939. *Science et Vie* en a exposé les principes dès 1940 (1). Nous les rappellerons ici brièvement.

Au cours des années qui précédèrent la guerre, l'attention des physiciens s'était portée sur les résultats surprenants du bombardement de l'uranium par ces particules de même masse que le proton (noyau de l'atome d'hydrogène), mais électriquement neutres que sont les neutrons. Divers chercheurs, en particulier le physicien italien Fermi, à Rome, étaient parvenus ainsi à produire toute une série de radioéléments pour lesquels il était très difficile de trouver une place dans la classification générale des éléments. On sait que dans celle-ci, dite table de Mendéléeff, l'uranium, élément 92, occupe la dernière place, ou place présumée telle.

Il fut admis tout d'abord qu'il s'agissait d'éléments « transuraniens », de numéros atomiques supérieurs à 92. Mais après de nombreux tâtonnements et de multiples suggestions venues de divers côtés, on accepta l'hypothèse d'une rupture nucléaire qui scindait l'atome d'uranium en deux noyaux de masse plus petite, ces noyaux instables devenant à leur tour les premiers éléments d'une famille radioactive par émission d'électrons (rayons β) et aboutissant finalement à des éléments stables. Le physicien et mathématicien danois Niels Bohr, en étudiant mathématiquement de très près l'assemblage de neutrons et de protons dans le noyau de chacun

des isotopes de l'uranium (1), arriva à la conclusion que le plus instable, et par conséquent le plus propice au phénomène de scission nucléaire, était celui de nombre atomique 235.

La masse atomique exacte de cet isotope n'est d'ailleurs pas exactement égale à 235. Les neutrons et les protons qui forment les édifices nucléaires ont des masses légèrement supérieures à l'unité (2), et, de plus, les forces nucléaires absorbent une certaine partie de la masse totale dans ce qu'on est convenu d'appeler la « cohésion » ou « perte de masse » dans le noyau atomique. Il s'ensuit donc que la réaction schématisée dans le diagramme de la figure 1 ne doit pas être prise à la lettre. On ignore les masses exactes, à la troisième décimale près, de l'uranium 235, du césium 141 et du rubidium 94. On n'est même pas sûr que les chaînes radioactives soient celles qui figurent sur ce schéma. Ainsi, si le césium formé avait une masse de 140 unités et le rubidium une masse de 93 unités, ce ne serait plus un neutron, mais trois neutrons qui

(1) Des isotopes sont des éléments qui occupent le même rang dans la classification de Mendéléeff, mais dont les masses atomiques sont différentes. Ils possèdent donc le même nombre d'électrons planétaires gravitant autour du noyau (nombre qui définit leur rang) et par suite leurs propriétés chimiques sont les mêmes. Mais leurs noyaux renferment un nombre de neutrons différent pour chacun d'eux, alors que le nombre des protons, égal à celui des électrons planétaires, ne varie pas. Par suite, la masse du noyau, somme des masses des protons et neutrons qui y sont rassemblés, varie de l'un à l'autre. On connaît un grand nombre d'isotopes pour la plupart des éléments, et l'isolement de ces isotopes présente de graves difficultés, ainsi qu'on en aura l'exemple plus loin.

(2) Rappelons que par définition la masse de l'atome d'oxygène est fixée à 16. Les masses de tous les autres atomes s'en déduisent. La masse du proton (noyau de l'atome d'hydrogène est ainsi : 1,0081. Celle du neutron n'en diffère pas sensiblement : 1,0010.

(1) Voir : « La rupture explosive du noyau d'uranium » (*Science et Vie*, n° 273, mars 1940).

seraient « volatilisés ». On sait toutefois qu'un tel phénomène de scission peut se produire avec l'uranium, le thorium ou l'ionium, et que l'on peut le provoquer avec des neutrons, avec des protons, des deutons (noyaux d'hydrogène lourd, de masse 2), des hélions ou particules α (noyaux d'hélium, de masse 4), et même avec des rayons γ (rayons de nature électromagnétique, comme la lumière et les rayons X, mais de fréquence beaucoup plus élevée). J'ai montré, en 1939, que le radium ne semble pas présenter une probabilité appréciable de rupture nucléaire.

L'uranium

L'uranium se trouve assez abondamment dans

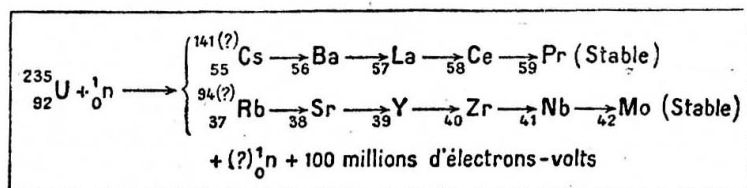


FIG. 1. — SCHÉMA DE LA RUPTURE DU NOYAU D'URANIUM BOMBARDÉ PAR UN NEUTRON

Le noyau d'uranium U (de masse atomique 235 et de nombre atomique 92) est frappé par un neutron (de masse 1 et de charge 0). Il se scinde alors en deux fragments eux-mêmes radioactifs : l'un d'eux, le césium Cs (de masse atomique 141 et de nombre atomique 55) est le chef de file d'une famille d'éléments émetteurs d'électrons, que l'on suppose être successivement le baryum Ba, le lanthane La, le cérium Ce, pour aboutir au praséodyme Pr; le second, le rubidium Rb, donnerait naissance successivement au strontium Sr, à l'yttrium Y, au zirconium Zr, au niobium Nb, pour aboutir au molybdène Mo. On remarquera qu'il subsiste des incertitudes non seulement quant à la réalité de ces désintégrations nécessaires, mais aussi quant à l'exactitude des masses atomiques du césium et du rubidium, et par suite quant au nombre de neutrons libérés par la rupture d'un noyau d'uranium 235.

la nature sous forme d'oxydes. Il existe des mines d'uranium en Tchécoslovaquie, aux États-Unis, au Canada, au Congo belge, en Colombie, en Argentine, etc. Il existe des gisements non exploités en France (Autun).

A mesure que l'uranium se désintègre spontanément (de moitié en quelques milliards d'années), il donne naissance notamment au radium qui s'accumule ainsi dans le minerai. Suivant les vicissitudes géologiques de la couche uranifère, on aura plus ou moins de radium accumulé, d'où les richesses variables en radium des différents gisements terrestres. L'ordre de grandeur est de 1 gramme de radium par tonne de minerai d'oxydes d'uranium. Mais quel que soit le gisement, les pourcentages des isotopes de l'uranium 238, qui est le plus abondant (99,2 %), sont 0,006 % pour le 234, et 0,7 % pour le 235.

L'uranium, qui occupe la 92^e case du tableau général des éléments, donne par absorption d'un proton ou par émission d'un rayon β l'élément de la case 93, que l'on nomme en France le *neptunium*. Cet élément est radioactif, émetteur de rayons β (électrons) avec une période de 2 jours (1). La brièveté de sa vie explique pourquoi on ne l'observe pas dans la nature. Il semble être le plus lourd élément chimique connu à ce jour. Les édifices nucléaires deviennent instables à partir de 210 particules, avec

(1) On appelle « période » d'un élément radioactif le temps au bout duquel la moitié de sa masse s'est désintégrée en un autre élément.

quelques rares exceptions pour les édifices moins lourds. A partir de 240 particules, leur vie, si elle est possible, doit être éphémère, et c'est pourquoi nous ne pouvons les observer. Théoriquement, on peut encore concevoir des éléments ayant des numéros atomiques compris entre 93 et 137, mais, de même qu'on ne peut indéfiniment augmenter le volume d'une goutte d'eau sans la rompre, on ne peut ajouter à volonté des particules élémentaires, protons ou neutrons, à un édifice nucléaire sans le briser.

L'énergie libérée

Du fait de la disparition d'une fraction des masses en présence, on calcule, et l'observation le confirme, qu'il y a dégagement d'une quantité considérable d'énergie. On remarque sur le schéma de réaction de la figure 1, que nous admettons intégralement pour la commodité de l'exposé que les 235 particules qui forment le noyau de l'uranium, recevant la particule neutronique, forment un édifice instable comprenant 236 particules, dont 92 protons. Les deux noyaux de césium et de rubidium rejetés entraînent respectivement 141 particules, dont 55 protons, et 94 particules, dont 37 protons. La somme totale des particules étant 235, il reste donc 1 particule neutre à la suite de cette scission. Le neutron incident se retrouve donc à la fin du phénomène, et si les noyaux environnants sont encore des noyaux d'uranium 235, le phénomène va recommencer, et ainsi de suite jusqu'à épuisement complet de tous les noyaux 235 de l'échantillon où a débuté la réaction lorsque le pre-

mier neutron efficace l'a frappé. Il faut évidemment plus d'un neutron pour donner lieu à ce déploiement d'énergie. Tous les projectiles n'atteignent pas le but, qui n'est autre que la cible offerte par chaque noyau d'uranium 235. Mais point n'est besoin de disposer d'une source considérable de neutrons, à condition que la substance irradiée contienne une forte majorité d'uranium 235. S'il en était autrement, chaque noyau « parasite » (uranium 238, oxygène, etc.) serait susceptible d'« avaler » les neutrons primaires (provenant de la source de neutrons) ou secondaires (provenant de la scission d'un noyau 235 frappé par un neutron primaire) sans donner lieu au dégagement d'énergie particulier à la scission du noyau 235. Ces neutrons seraient par conséquent perdus. Si par ailleurs, les familles radioactives formées à la suite de la scission étaient telles qu'il y ait plus d'un neutron libéré après chaque scission individuelle, et la chose est presque certaine, on voit aisément que les réactions successives seraient de plus en plus fréquentes, vu qu'à chaque neutron incident ou secondaire correspondraient deux ou plusieurs neutrons secondaires, tertiaires, etc. Le nombre de neutrons croîtrait ainsi en progression géométrique. En supposant que la « raison » de cette progression soit seulement 2, au bout de 10 rencontres le neutron incident ayant provoqué la première rupture aurait donné naissance à un millier de neutrons secondaires. On admet que les neutrons secondaires, profitant de meilleures conditions

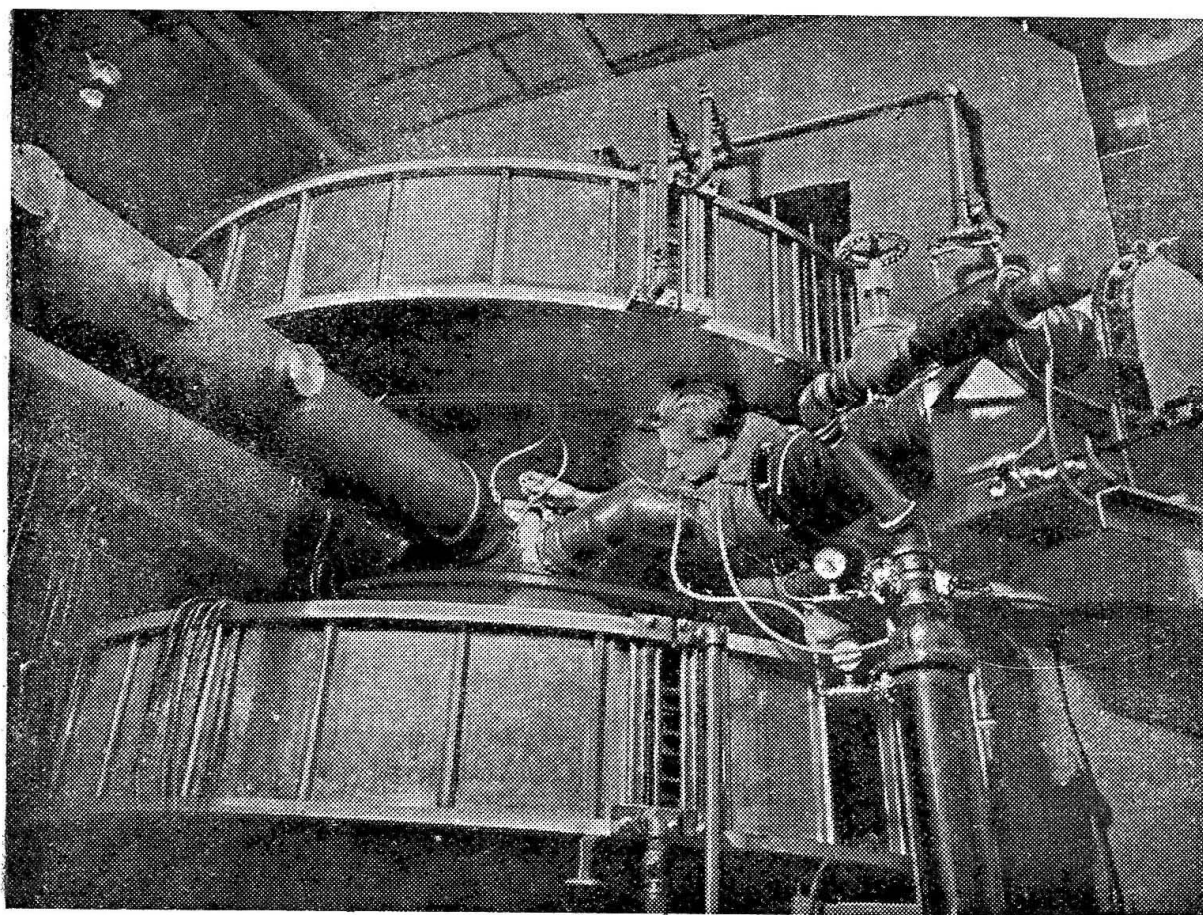


FIG. 2. — LE CYCLOTRON DE HARVARD (ÉTATS-UNIS)

géométriques, marquent beaucoup plus de coups au but que les neutrons primaires.

Si l'énergie mise en liberté lors de chaque rupture est de l'ordre de 100 millions d'électron-volts (1), c'est-à-dire de $1,6 \times 10^{-11}$ joules, on a, pour la rupture complète de tous les atomes (10^{24}) d'une molécule gramme (235 grammes) d'uranium 235, un dégagement d'énergie évalué à 10^{13} joules, soit 3 000 000 kWh, c'est-à-dire de quoi porter à l'ébullition presque instantanée vingt-cinq millions de litres d'eau.

La ville de Paris consomme journellement 2 500 000 kWh et toute la France annuellement 20 000 000 000 kWh. Cette énergie pourrait être extraite de la rupture de près de 1 500 kg d'U 235. Il faudrait pour cela partir d'une masse approximative de 300 tonnes de minerai d'oxyde d'uranium et séparer d'abord l'isotope U 235 de son congénère 238, ce qui représente la plus grosse dépense.

Enrichissement isotopique de l'uranium en uranium 235

Comment est-il possible, tout d'abord, d'obtenir en quantité pondérable un isotope qui n'existe qu'en quantité infime sur la terre? Il n'y a en effet qu'une dizaine de kilogrammes d'uranium 235 dans une tonne d'uranium chimiquement pur. C'est Washburn, aux Etats-Unis, qui le premier a mis en œuvre une méthode de

séparation des isotopes stables (et les isotopes de l'uranium peuvent être considérés comme naturellement stables, puisque les périodes de leur radioactivité naturelle sont de l'ordre de plusieurs milliards d'années). Il arriva à séparer par électrolyse, les deux isotopes de l'hydrogène (1). L'eau ordinaire contient une infime quantité de molécules où l'hydrogène de masse 2 (ou deutérium) remplace l'hydrogène de masse 1. Lorsqu'on électrolyse de l'eau, les molécules à hydrogène léger sont dissociées en hydrogène et oxygène à une cadence beaucoup plus grande que celles qui contiennent de l'hydrogène lourd, de telle sorte qu'un bac d'électrolyse s'enrichit continuellement en eau lourde. On arrive ainsi à obtenir de l'eau lourde, ou oxyde de deutérium, à plus de 99 %. Son prix dépasse 1 million de francs le litre. Nous reviendrons tout à l'heure sur l'utilisation de cette eau lourde en physique nucléaire.

Une deuxième méthode de séparation des isotopes fait appel à la diffusion des gaz au travers des substances poreuses. Une troisième sépare aussi les isotopes par diffusion des gaz à travers de la vapeur de mercure. La quatrième, et c'est à elle probablement que l'on s'est adressé principalement pour la fabrication de la bombe atomique, met en œuvre la diffusion thermique de deux gaz, de poids moléculaires différents sur deux surfaces à différentes températures. Les courants de convection transportent le constituant le plus léger sur la partie supérieure de la

(1) L'électron-volt est l'énergie acquise par un électron franchissant une différence de potentiel de 1 volt.

(1) Voir : « Les isotopes » (*Science et Vie*, n° 324, août 1944, p. 73).

surface chaude tandis que celui qui est le plus lourd se porte sur la partie inférieure de la surface froide. Nier, qui est un spécialiste américain de cette technique, a pu préparer ainsi, en 1940, un échantillon d'uranium contenant un bon pourcentage d'uranium 235. Dunning, de l'Université Columbia (ville de New York), irradia cet échantillon avec les neutrons de son cyclotron. Il y observa une radioactivité induite énormément supérieure à celle présentée par un échantillon d'uranium ordinaire. La preuve était ainsi faite que le modèle nucléaire sur lequel Bohr avait basé ses calculs était aussi près que possible de la réalité, et que c'était bien à la scission de l'uranium 235 qu'étaient imputables les nombreux radioéléments observés dans les expériences citées précédemment.

Il restait une autre étape à franchir. Purifier encore plus d'uranium et obtenir des centaines de grammes d'uranium 235.

La chose était difficile, vu qu'il fallait à Nier dix jours pour fournir 1 g de carbone 13, ou d'azote 15 ou de soufre 34. Le prix de revient de ces trois éléments était estimé à près de 1 000 francs le gramme. Pour l'uranium, aucune précision ne fut donnée.

Enfin, une cinquième méthode d'isolement des isotopes fait appel aux spectrographes de masse. La presse a annoncé que Bainbridge, professeur de Physique à l'Université Harvard, était présent lors du premier essai de la bombe atomique, le 16 juillet 1945, au Nouveau-Mexique. Or, ce physicien est un grand spécialiste des spectrographes de masse, et il est permis de penser que ces appareils ont joué un rôle non négligeable dans la purification de l'uranium 235.

Dans un spectrographe de masse, comme celui schématisé sur la fig. 4, on volatilise le produit dans une petite chambre à arc. Les molécules sont ensuite ionisées et entraînées vers un canalisateur. A la sortie de celui-ci, on trouve deux électrodes portées à des potentiels convenables qui accélèrent et dévient les ions vers une région où règne un fort champ magnétique. L'action de ce champ sur les ions dépend de leur masse. On dispose donc théoriquement ainsi d'un séparateur de masses. Chaque catégorie d'atomes présente dans le faisceau accéléré et dévié ira frapper l'écran opposé en un point différent et s'y accumulera à la longue. Mais les quantités ainsi isolées par un seul appareil du type laboratoire sont infimes. Il faut disposer de nombreux appareils de type industriel pour arriver à des résultats pratiques admissibles. L'isolement en quantités importantes de l'uranium 235 est une tâche gigantesque. Le pays où la pénicilline est administrée gratuitement à des millions de syphilitiques ne pouvait pas reculer devant ce « Manhattan Project ». Ceux qui connaissent la presqu'île de Manhattan trouveront que le nom de guerre de cette colossale entreprise était bien choisi. D'ailleurs, la dépense globale de ce Projet n'a coûté que l'équivalent financier de sept jours de guerre pour les Etats-Unis.

Comment déclencher la rupture nucléaire

Comment peut-on imaginer un modèle de bombe atomique? Il faut amener quelques milliards de neutrons en présence de quelques grammes d'uranium 235 ou de tout autre élément

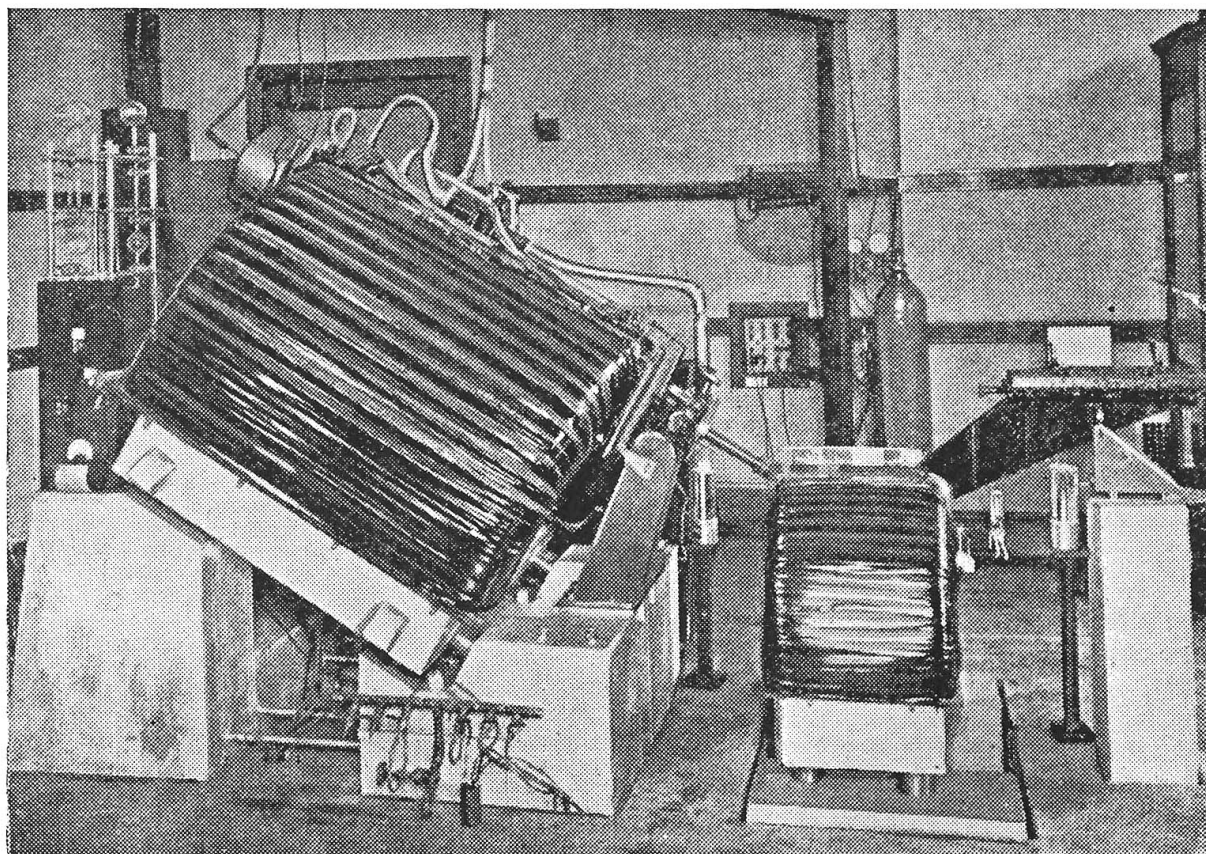


FIG. 3. — LE SPECTROGRAPHE DE MASSE CONSTRUIT PAR LA GENERAL ELECTRIC COMPANY POUR L'UNIVERSITÉ D'ILLINOIS

chimique capable de se scinder en atomes dont la masse totale serait inférieure à la sienne.

Pour produire des neutrons, on bombarde au cyclotron une cible de béryllium avec des deutons (noyaux d'hydrogène lourd). La figure 7 schématise cette réaction (1).

Plus l'énergie E des deutons incidents est grande, et plus on a de chances de désintégrer le béryllium, et par suite plus grand est le nombre de neutrons obtenus. Ces derniers sont animés aussi d'une énergie cinétique E' plus considérable. C'est surtout l'abondance des neutrons qui entre en jeu, et non leur énergie. En fait, on « ralentit » très souvent les neutrons pour favoriser leur entrée dans les noyaux atomiques.

Avec la bombe atomique proprement dite, il ne peut évidemment être question de cyclotron. Ce dernier ne peut servir que pour dégrossir le problème au laboratoire.

Dans la bombe, on peut imaginer une autre source de neutrons suivant le schéma de la figure 7. Une source radioactive, émettrice de rayons α , est mise au moment voulu en présence de béryllium. Les neutrons émis agissent sur les atomes d'uranium 235 et amorcent quelques ruptures. Celles-ci libèrent des neutrons qui, à leur tour, entrent en jeu et en libèrent d'autres et ainsi de suite presque instantanément, avec émission d'une énergie de près de 10 000 kWh par gramme d'uranium 235 désintégré en éléments plus légers. La température de la bombe et des matériaux environnants monte vertigineusement, les pressions augmentent

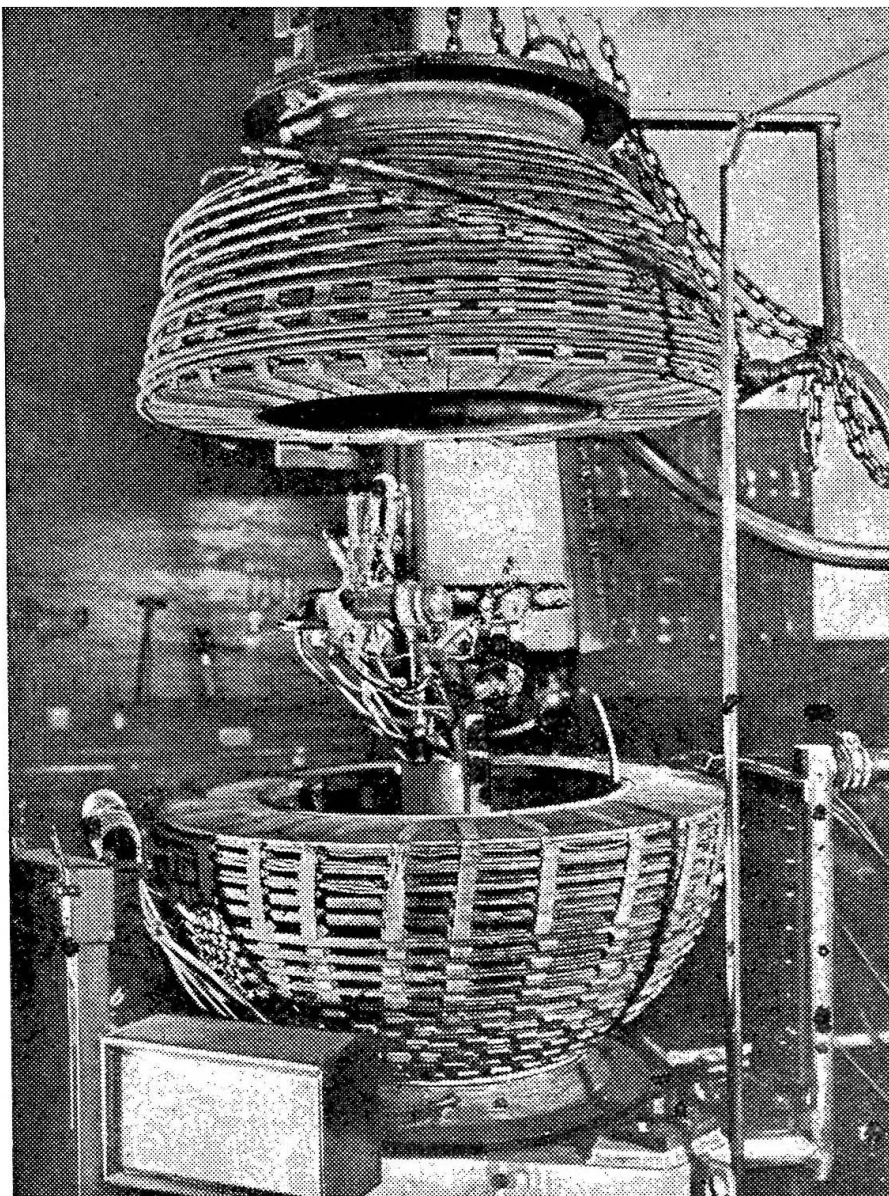


FIG. 5. — UN MODÈLE AMÉRICAIN DE SPECTROGRAPHE DE MASSE, POUR L'ISOLEMENT DES ISOTOPES PURS (WESTINGHOUSE)

ment et en une fraction infime de seconde tout l'uranium 235 de la bombe a cédé son trop plein d'énergie. Si toute la masse du noyau de l'uranium disparaissait, en d'autres termes s'il n'y avait pas d'éléments chimiques plus légers issus de la rupture, on obtiendrait une libération d'énergie beaucoup plus considérable. L'annihilation totale en énergie

rayonnante d'un noyau de masse 1 libère près d'un milliard d'électrons-volts et celle d'un noyau d'uranium 235 serait donc 235 fois plus grande, soit près de 250 milliards d'électrons-volts au lieu de 100 millions libérés par la réaction du type de la figure 1.

Température atteinte par la bombe atomique

Si nous assimilons cette bombe à un corps noir, fournissant les meilleures conditions d'émission de rayonnement et ayant un diamètre de 40 cm, on lui trouve une surface de près

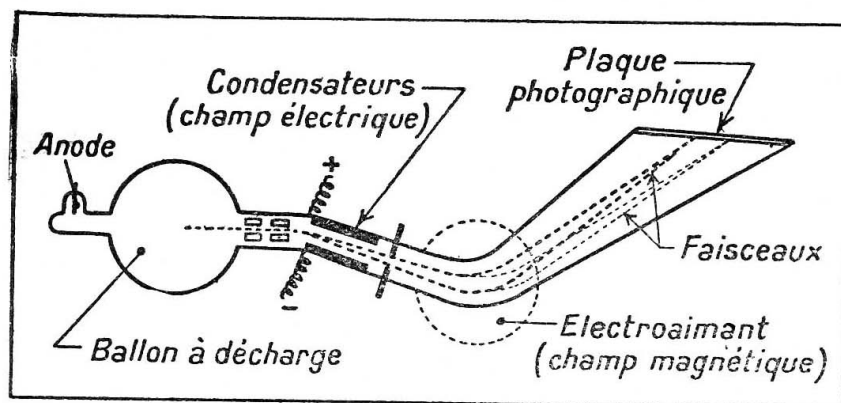


FIG. 4. — SCHÉMA D'UN SPECTROGRAPHE DE MASSE

Le courant d'atomes ionisés traverse un champ électrique et un champ magnétique. Il se trouve scindé en plusieurs faisceaux différemment déviés en fonction du rapport de la charge des atomes considérés à leur masse. Chaque isotope va frapper un point particulier de la plaque et s'y accumule.

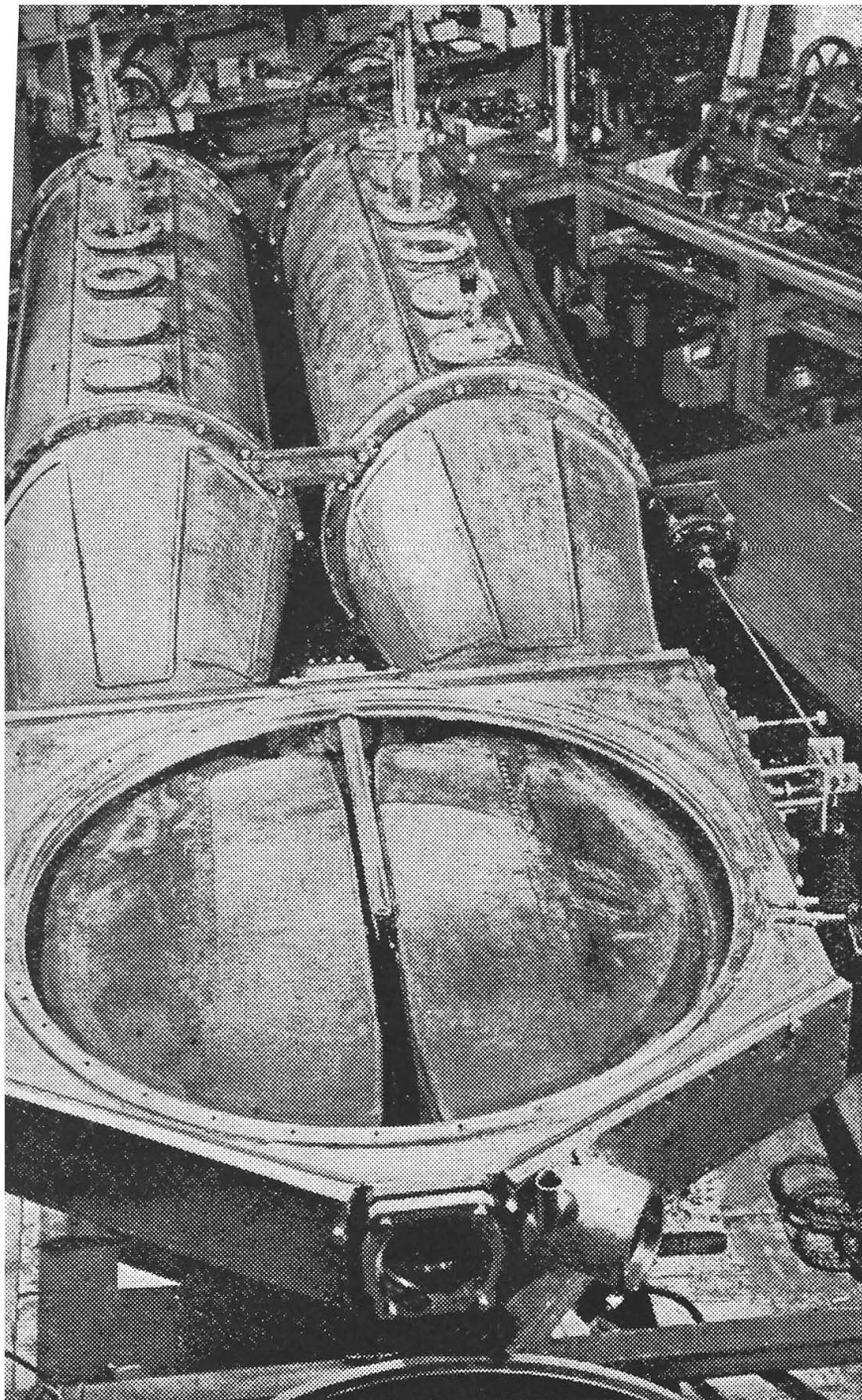


FIG. 6. — LE CYCLOTRON DU MASSACHUSETTS INSTITUTE OF TECHNOLOGY

On voit ici les chambres d'accélération extraites des pièces polaires. Au centre se trouve le canon à ions et à l'arrière-plan les supports des électrodes creuses ou « dees » qui oscillent en quart d'onde.

de 5 000 centimètres carrés. Si la bombe contient 235 grammes d'uranium 235, elle dégagera par rupture de tous ses noyaux d'uranium 235×10^{20} divisé par 5 000, soit plus de 10^{16} ergs par centimètre carré.

La loi de Stefan nous donne une température proportionnelle à la racine quatrième de l'énergie émise. On trouve ainsi une température de l'ordre de 100 000 degrés. Par comparaison, citons le soleil dont la surface est à 6 000 degrés et qui émet constamment $7,5 \cdot 10^9$ ergs par centimètre carré.

Les sources de rayons alpha

Les rayons α sont émis par de nombreux radioéléments naturels. La famille de l'uranium (fig. 9) contient 8 émetteurs α .

On peut par conséquent purifier l'uranium 238 et extraire le radium qui s'y est accumulé à travers les âges. Le radium, sous forme de sel, est mis en solution et on recueille le gaz radon qui s'en dégage continuellement. Ce gaz est enfermé dans une ampoule de verre scellée. Les parois de cette ampoule arrêtent tous les rayons α car ceux-ci sont éminemment absorbables. On peut donc imaginer une telle ampoule placée dans une bombe atomique et un dispositif automatique ou de percussion qui vienne casser cette ampoule au moment choisi. On libère ainsi le radon qui vient se déposer sur de la poudre de béryllium dont on a entouré l'ampoule. Les neutrons du béryllium déclenchent alors le cycle infernal.

Suivant la pureté de l'uranium 235 utilisé dans la bombe, il est peut-être plus prudent de ne pas se servir d'ampoule de radon. En effet, la fragilité de l'ampoule mise à part, qui pourrait occasionner une déflagration intempestive, il faut tenir compte des rayons γ très pénétrants du radium C. Ce descendant du radon s'accumule dans l'ampoule et émet des rayons γ qui traversent très aisément la paroi de verre. En bombardant le béryllium environnant, ils sont capables de le désintégrer et de donner naissance à des neutrons. Si le nombre de ces neutrons est assez élevé, et cela dépend de la quantité de radon emmagasinée, on peut encore amorcer sans contrôle la réaction dans un échantillon d'une certaine concentration en U 235. Pour contrôler ce mécanisme, il faut absorber ces rayons γ avec du plomb de quelques centimètres d'épaisseur.

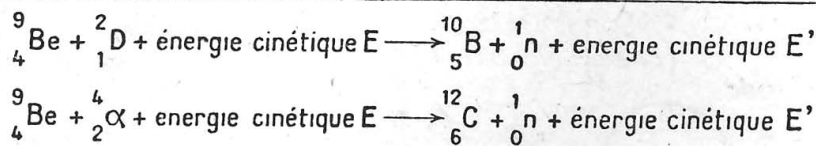


FIG. 7. — SCHÉMA DE LA PRODUCTION DE NEUTRONS PAR BOMBARDEMENT DU BÉRYLLIUM PAR DES DEUTONS OU PAR DES PARTICULES ALPHA

Comme sur tous les schémas de réactions nucléaires de cette étude, les particules matérielles sont représentées par une majuscule accompagnée de deux chiffres. Celui du bas désigne la charge électrique du noyau (rang dans la classification de Mendeleïeff, ou numéro atomique, ou encore nombre d'électrons planétaires de l'atome ou de protons du noyau). Celui-ci du haut désigne la masse atomique (somme du nombre de protons et de neutrons rassemblés dans le noyau). Dans la réaction du haut, le béryllium frappé par un deuton (noyau de deutérium ou hydrogène lourd) donne du bore en émettant un neutron. Dans la réaction du bas, le béryllium frappé par une particule α (noyau d'hélium) donne du carbone et émet un neutron.

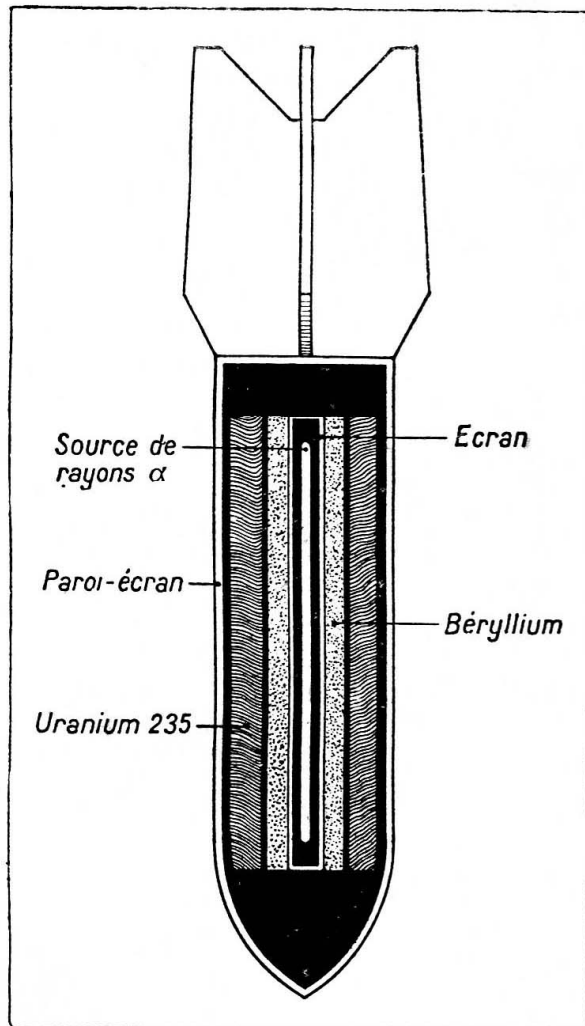


FIG. 8. — COMMENT ON PEUT CONCEVOIR SCHÉMATIQUEMENT UNE BOMBE ATOMIQUE

Au centre se trouve une source de rayons α , entourée d'un écran protégeant le beryllium déposé au voisinage. Le système de déclenchement de la bombe, non représenté, aurait pour mission d'éliminer cet écran ou de casser l'ampoule de radon au moment voulu; il serait ou non à retard, suivant l'effet désiré. Le beryllium frappé par les rayons α émettrait des neutrons qui provoqueraient l'explosion de l'uranium 235. L'ensemble de la bombe serait revêtu d'une paroi contenant du calcium et du bore pour absorber les neutrons venant de l'extérieur, neutrons cosmiques ou neutrons émis par les défenseurs au sol. Si l'on fait appel au polonium comme source de rayons α , sa période étant de 140 jours, on peut stocker ces bombes dans divers centres et déclencher des raids simultanés sur divers points de la terre.

Ce phénomène de désintégration photo-nucléaire peut se produire aussi en mettant de l'eau lourde en présence de rayons γ . On scinde alors le deutérium en un proton et un neutron. On peut donc encore envisager cette possibilité pour l'amorçage de l'explosion, en lieu et place du beryllium soumis aux rayons γ .

Un autre moyen de tourner la difficulté due à l'émission de rayons γ est d'avoir recours à des sources pures de polonium (ou radium F). Ce polonium se prépare à partir de vieux tubes de radon, ou bien artificiellement en bombardant au cyclotron du bismuth avec des deutons suivant la réaction de la figure 11.

Neptunium et Plutonium

Ces deux éléments trans-uraniens, dont le premier possède 93 charges nucléaires et le second 94, sont radioactifs et possèdent des vies très courtes. Leur fabrication au moyen du cyclotron ne saurait porter sur des quantités pondérables. Il est donc peu probable que ces deux éléments participent d'une façon primordiale au fonctionnement de la bombe atomique.

On peut concevoir toutefois que le noyau d'uranium, peut-être le 238, qui absorbe un neutron, devient radioactif et se transforme en neptunium. Ce dernier, à son tour, étant radioactif β , voit ses noyaux 93 se transformer en noyaux 94 ou plutonium. C'est au cours de ces transformations, *in situ* dans la bombe, que des ruptures de ces noyaux 93 et 94 pourraient intervenir et s'ajouter à ceux de l'isotope 235 de l'uranium 92.

Applications pacifiques de l'énergie atomique

La construction des bombes atomiques n'est évidemment pas la seule application pratique possible de la désintégration de l'uranium 235. Pour des fins pacifiques, il importe avant tout de

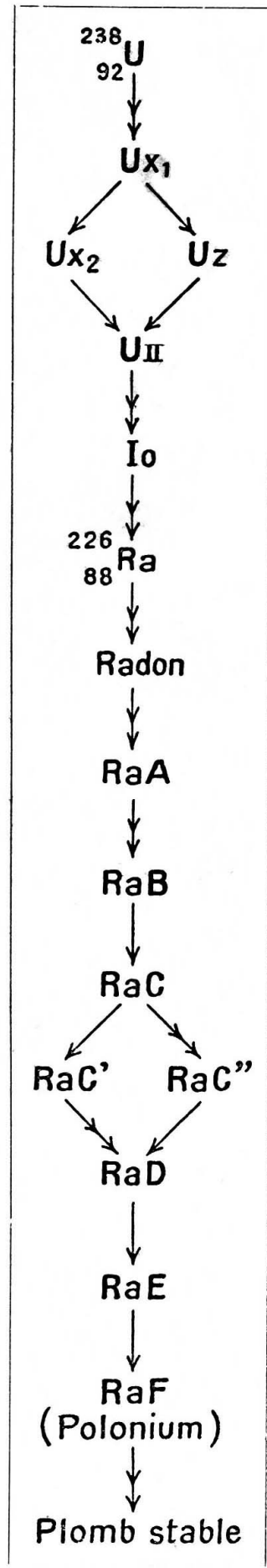


FIG. 9. — LA CHAÎNE D'ÉLÉMENTS RADIOACTIFS DE LA FAMILLE DE L'URANIUM

Les flèches simples désignent des émissions de rayons β (électrons) et de rayons γ (électromagnétiques), et les flèches doubles des émissions de rayons α (noyaux d'hélium). U, uranium; Io, ionium; Ra, radium.

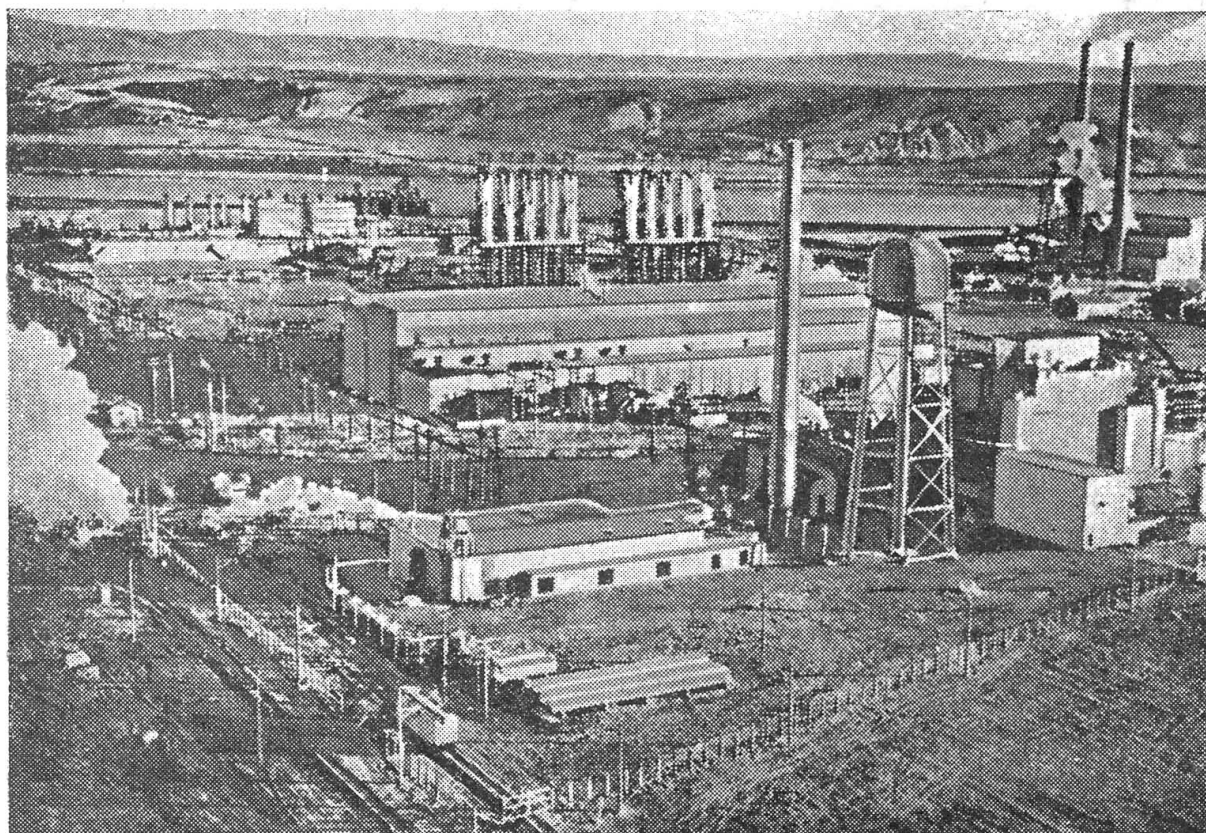
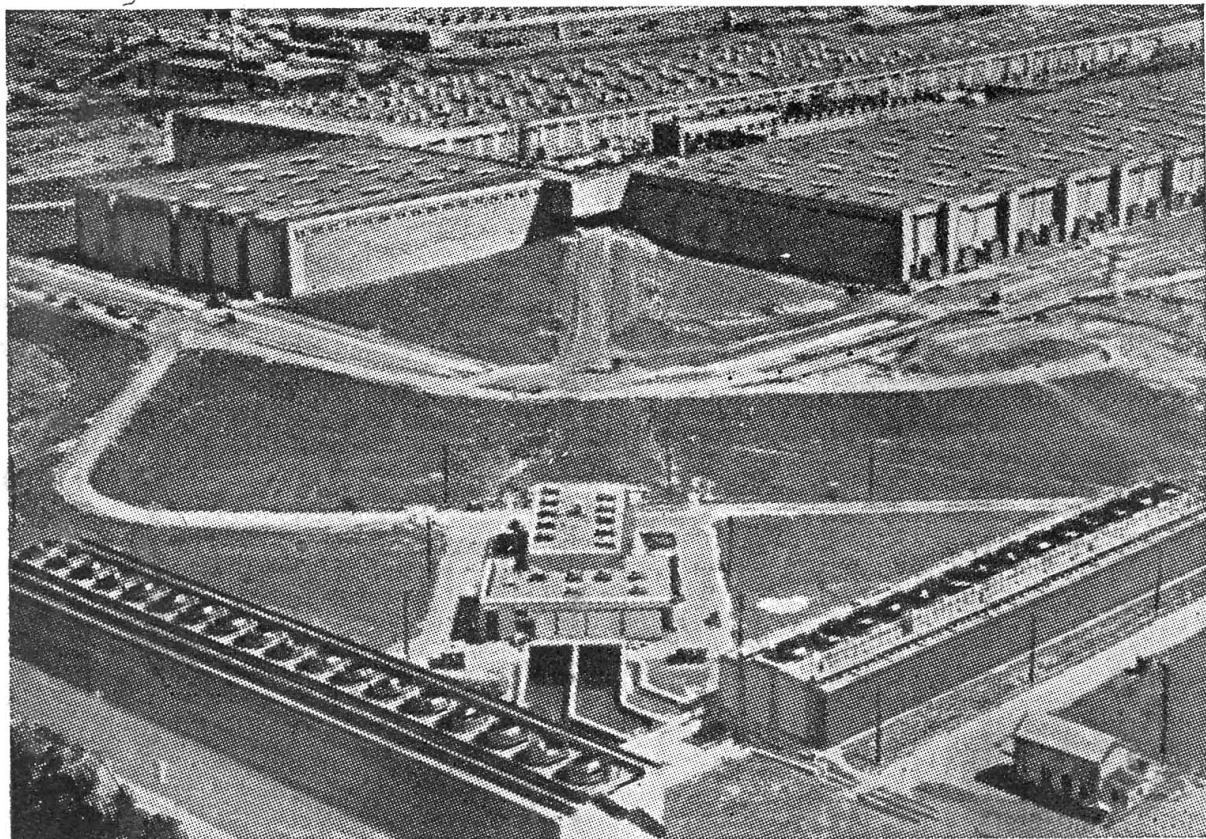


FIG. 9 ET 10. — DEUX DES PRINCIPALES USINES GÉANTES OU ON FABRIQUE, AUX ÉTATS-UNIS, LES BOMBES ATOMIQUES

On voit en haut les usines Clinton à Oak Ridge, près de Knoxville, dans l'Etat de Tennessee, isolées dans une zone interdite de 240 kilomètres carrés et dont la construction exigea le travail de 78 000 ouvriers. En bas, une partie de l'usine Hanford à Richland, près de Pasco. Cette dernière se trouve dans une région écartée du nord-ouest des Etats-Unis, dans l'Etat de Washington, au centre d'une zone isolée couvrant 2 000 kilomètres carrés.

pouvoir régler le débit calorifique de la masse à désintégrer.

Pour cela, on pourra soit fragmenter suffisamment cette masse pour la présenter graduellement au faisceau neutronique, soit faire agir ce faisceau d'une façon intermittente sur un mélange approprié. Ce mélange comprendra de l'uranium 235 à un degré quelconque de pureté, additionné d'autres éléments comme le cadmium qui auraient pour mission de freiner l'action des avalanches de neutrons secondaires sur les noyaux d'uranium 235 voisins de celui touché par un neutron primaire.

En effet, on connaît plusieurs éléments chimiques capables d'« avaler » les neutrons sans émettre des quantités d'énergie importantes. Certains même donnent directement des isotopes stables sans aucun dégagement d'énergie.

Nous pouvons imaginer ainsi des mélanges d'uranium 235 et de cadmium tels qu'un neutron secondaire seulement sur mille provoque une rupture atomique d'uranium 235. Si nous lançons sur ce mélange un nombre de neutrons tel 10 000 d'entre eux arrivent à toucher les cibles offertes et à provoquer autant de ruptures de noyaux d'uranium 235, et si nous admettons que chaque rupture libère une dizaine de neutrons, le nombre des ruptures successives s'amortit

très rapidement. On ne désintègrera ainsi que 10/101 noyaux au total. Si le nombre d'atomes de cadmium du mélange était plus faible, le rendement s'élèverait. S'il atteignait 1/100 (un neutron secondaire efficace sur 100), l'amortissement serait moins rapide et on désintégrerait 11/111 noyaux d'uranium 235 avec les 10 000 neutrons primaires. En diminuant encore la teneur en cadmium du mélange, on accroîtrait très rapidement le nombre des ruptures et par conséquent l'énergie calorifique dégagée. Dès que l'on dépasse un rendement de 1/10 (un neutron secondaire efficace sur 10, alors que chaque rupture libère, comme nous l'avons supposé, 10 neutrons), l'explosion est inévitable.

On peut dire en généralisant que l'explosion se poursuit inévitablement lorsque le freinage dans la masse est tel que le rendement des neutrons secondaires est égal ou supérieur à l'inverse du nombre des neutrons émis à chaque rupture. En résumé, une distribution appropriée dans le temps et dans l'espace des particules initialement responsables du phénomène de rupture, comme par exemple une « injection » bien étudiée de rayons α ou de neutrons (par un cyclotron) d'une part, et de noyaux instables d'uranium 235, d'autre part, fournit la solution du problème.

Rupture atomique et radiobiologie

Lorsque des grammes et des kilogrammes

d'uranium 235 seront scindés « délicatement », il restera des grammes et des kilogrammes de radioéléments artificiels à utiliser en biologie et en médecine.

La bombe atomique de Hiroshima a dû laisser ainsi pas mal de radioéléments éparpillés sur des kilomètres carrés. Il ne faut pas d'ailleurs exagérer les conséquences à longue échéance de leurs rayonnements sur la population.

Les prévisions théoriques

Dans un domaine où l'expérimentation présente des dangers qu'on ne saurait sous-estimer, des calculs préalables et minutieux s'imposent. En France, dès 1939, Francis Perrin fut le guide mathématique de l'équipe d'expérimentateurs qui, au Collège de France, menait les recherches sous la direction du professeur Joliot. Des notes furent publiées, des brevets pris et, à la déclaration de guerre, l'équipe fut mise en affectation spéciale. La débâcle entraîna deux de ses membres, Halban et Kowarski, en Angleterre. Là, ils se joignirent aux chercheurs anglais et le projet fut connu sous le titre de : « tube alloys research ». Là encore, un grand mathématicien d'Edimbourg, Charles Darwin, fut attaché au groupe de physiciens. Plus tard, toutes les

recherches furent centralisées aux Etats-Unis, le groupe britannique s'étant transféré à Montréal, où il lui fut dévolu une partie de la tâche. Un mathématicien hors rang, le Danois Niels Bohr, était déjà au travail à Princeton, ayant pu échapper aux nazis. Un autre mathématicien jeune et plein d'enthousiasme, Robert Oppenheimer, de l'Université de Californie, fut adjoint au projet.

La complexité du problème est telle qu'il faut faire intervenir jusqu'à l'action possible de la radiation cosmique (1), qui contient des neutrons, sur l'uranium 235 de la bombe, surtout lorsque celle-ci est amenée à haute altitude par un avion.

La concentration des divers isotopes sur notre planète est analogue à celle observée sur la matière qui constitue les astéroïdes qui sillonnent l'espace. Il est donc tout à fait probable qu'une certaine loi d'équilibre régit les proportions des isotopes dans notre système solaire et même dans notre galaxie.

Nous sommes à la veille de perturber, aussi prudemment que possible, cet équilibre. Allons-nous jouer les apprentis sorciers qui n'auront même pas le temps d'avoir conscience de leur volatilisation soudaine dans l'espace, ou sommes-nous au contraire en possession d'un arsenal mathématique assez complet et d'une connaissance assez approfondie de la structure de la matière pour prévoir, maîtriser et vaincre?

M.-E. NAHMAS.

(1) Voir : « Le grand mystère des rayons cosmiques » (Science et Vie, n° 278, octobre 1940).

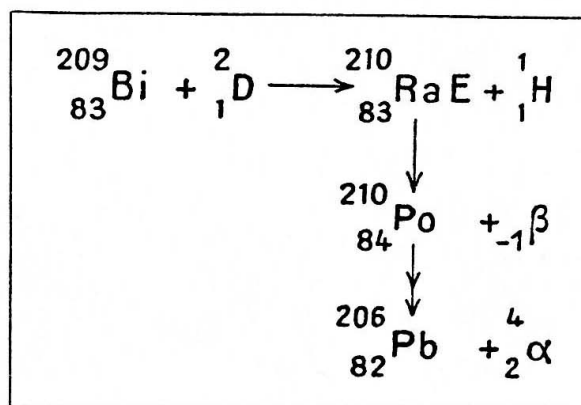
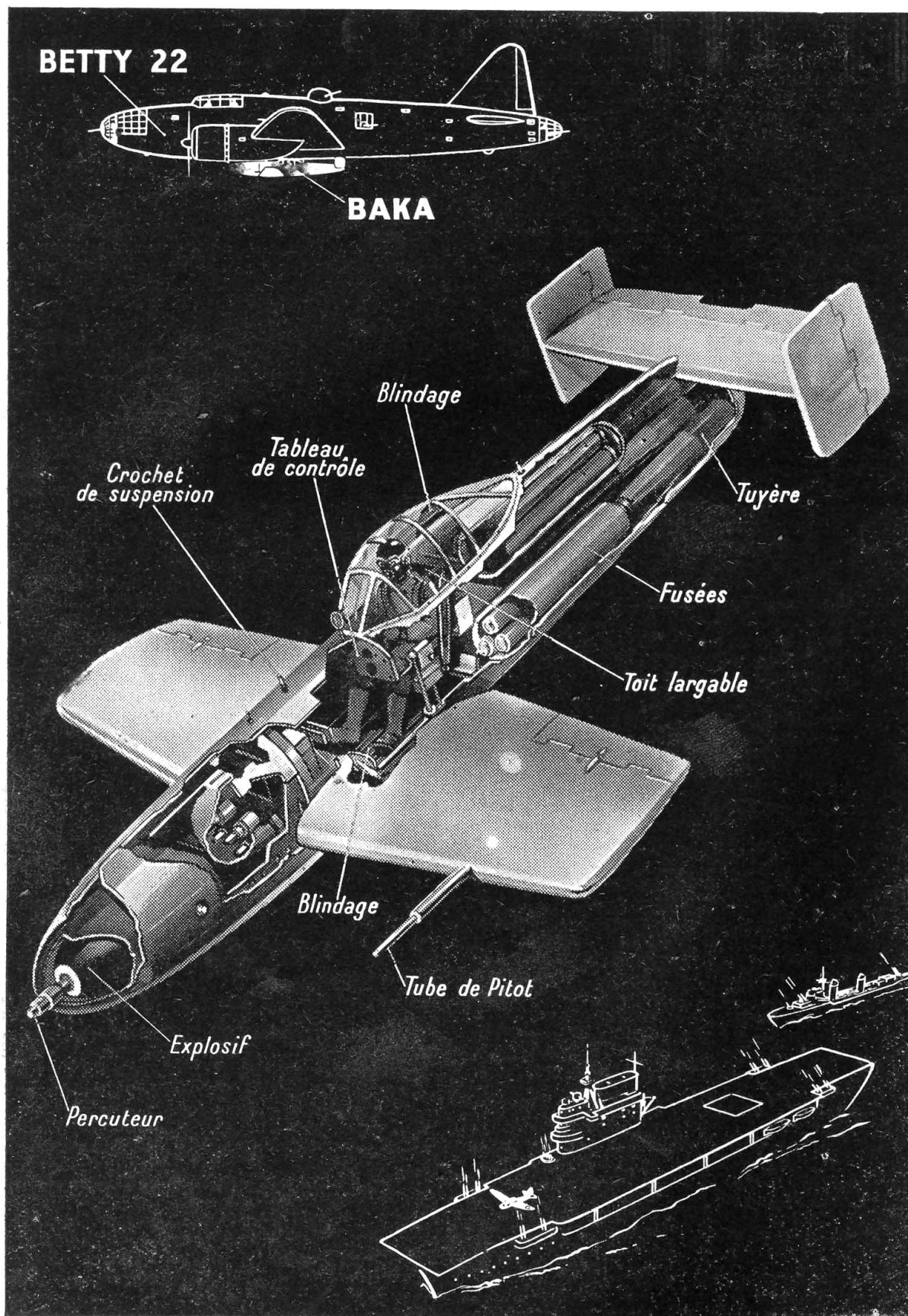


FIG. 11. — LA PRÉPARATION DU POLONIUM PAR BOMBARDERMENT DU BISMUTH PAR DES DEUTONS

Bi, bismuth; D, deuton; Ra E, radium E; Po, polonium; Pb, plomb; β , électron; α , noyau d'hélium.



LE « BAKA », AVION-SUICIDE JAPONAIS A RÉACTION

De dimensions réduites (2,40 m d'envergure), le « Baka » est accroché à la face inférieure d'un bombardier bimoteur « Betty 22 » qui le lâche à haute altitude, vers 8 000 m. Le pilote pique vers son but en pilotant son appareil comme un avion. Les tuyères entrent en action peu avant l'impact pour accroître la vitesse de l'appareil, qui atteint près de 1 000 km/h.

LES AVIONS A RÉACTION

par G. GEDOVIOUS

Secrétaire Général

du Centre de Documentation Aéronautique Internationale

Les applications pratiques de la propulsion par réaction à l'aviation ont fait depuis peu leur apparition dans de nombreux pays. Des prototypes de conception variée ont vu le jour, et certains même ont été construits en série, jouant un rôle non négligeable dans les combats qui se sont livrés au cours des derniers mois des hostilités en Europe et en Extrême-Orient. L'avion à réaction est essentiellement un appareil très rapide, car c'est seulement aux très grandes vitesses que le rendement propulsif au moteur à réaction prend des valeurs acceptables. Aussi est-il devenu urgent, pour assurer le développement de la technique aéronautique dans cette voie nouvelle, de trouver des solutions adéquates aux problèmes aérodynamiques déjà à l'étude sur le vol aux très grandes vitesses, égales ou supérieures à la vitesse du son, à ceux d'ordre métallurgique et mécanique que pose la construction des tuyères et des aubages de turbines soumis à des températures très élevées, etc. C'est des résultats de ces recherches systématiques que dépend la création, à côté de types militaires inédits de chasseurs et de bombardiers rapides, d'avions commerciaux à réaction, non plus seulement techniquement mais économiquement viables, et qui révolutionneront, plus encore que ne l'a fait l'avion aujourd'hui classique, les transports à grande distance de voyageurs et de marchandises.

La propulsion par réaction, dans ses applications aux projectiles-fusées, a connu la faveur croissante de tous les belligérants au cours de la guerre, ainsi qu'en témoignent les multiples modèles de projectiles à réaction qui équipent des engins aussi variés que les chars, les bateaux de débarquement et les avions, et sont adoptés aussi bien par le fantassin pour la lutte antichars que par l'artilleur pour les tirs de barrage et la D.C.A., pour ne citer que ces exemples. La propulsion des avions par réaction pose évidemment aux techniciens des problèmes plus ardu.

Il convient de souligner cependant que l'effet de réaction joue, depuis un temps appréciable, un rôle non négligeable dans la propulsion des appareils rapides. Les moteurs qui équipent certains chasseurs anglais, américains ou allemands sont dotés d'échappements dits « propulsifs » où les résidus de la combustion de l'essence dans les cylindres des moteurs sont canalisés, et à travers lesquels ils s'échappent à grande vitesse vers l'arrière. Il en résulte, par réaction, une force dirigée en sens inverse, qui vient s'ajouter à la traction de l'hélice. Le gain de puissance ainsi obtenu n'est guère intéressant aux faibles vitesses. Mais vers 550 ou 600 km/h, il dépasse déjà parfois 10 % du total, et ce chiffre va en croissant au fur et à mesure que l'avion va plus vite, d'autant plus que le rendement propulsif de l'hélice classique décroît rapidement à partir d'une certaine vitesse. Au contraire, le rendement de la propulsion par réaction (rapport de l'énergie effectivement utilisée pour la propulsion de l'appareil,

à l'énergie dégagée par le combustible) croît avec la vitesse de l'engin propulsé. Aux vitesses couramment réalisées à l'heure actuelle, même par les chasseurs les plus poussés, le groupe motopropulseur classique (moteur à explosion entraînant une hélice) convient encore très bien. Sauf applications très particulières (par exemple, faciliter le décollage des appareils de porte-avions), la propulsion par réaction intéresse donc uniquement les avions très rapides pour lesquels viennent alors se poser accessoirement de nombreux problèmes d'ordre aérodynamique, qui sont loin d'être entièrement résolus.

Dans la pratique, si l'on passe en revue les appareils actuellement connus et faisant appel partiellement ou totalement à la réaction, on constate une grande diversité dans le mode de fonctionnement et la réalisation des organes moteurs. On en trouvera les schémas de principe rassemblés sur la figure 1. La terminologie de ces propulseurs en est due à Maurice Roy et Destival.

L'appareil le plus simple, connu depuis longtemps, est la fusée. Elle se compose essentiellement d'une enceinte fermée à une de ses extrémités et contenant le ou les corps solides (comme la poudre), liquides ou gazeux qui, lors de la mise à feu, libéreront plus ou moins brusquement leur énergie chimique et provoqueront un violent dégagement gazeux s'échappant par l'orifice libre. La fusée se trouve alors poussée, par réaction, dans la direction opposée.

La propulsion du type fusée n'utilise pas l'air ambiant pour la combustion de sa charge.



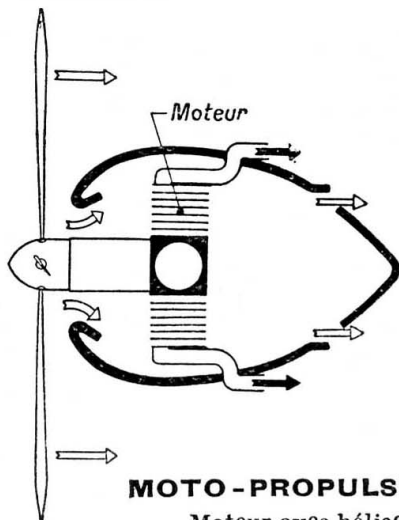
SANS UTILISATION DE L'AIR AMBIANT

FUSÉE : Combustible et carburant solides, liquides ou gazeux.

(V2, Me 163, Henschel 293, Baka)

AVEC UTILISATION DE L'AIR AMBIANT

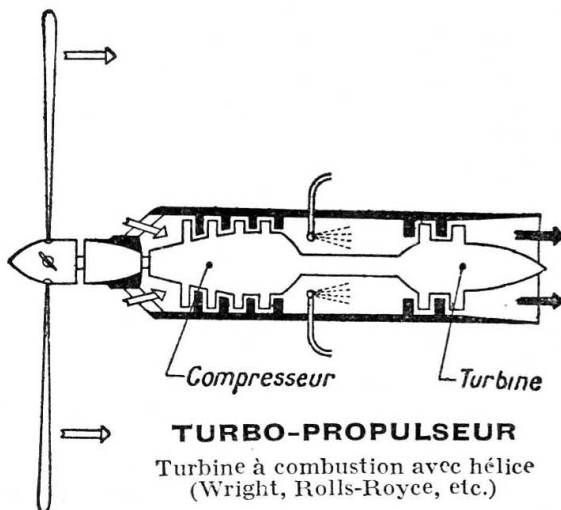
RÉACTION INDIRECTE



MOTO-PROPULSEUR

Moteur avec hélice

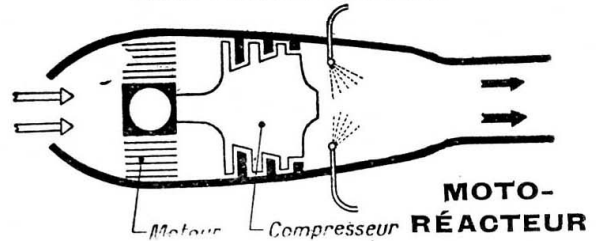
(Moteurs actuels à échappement réactif.)



TURBO-PROPULSEUR

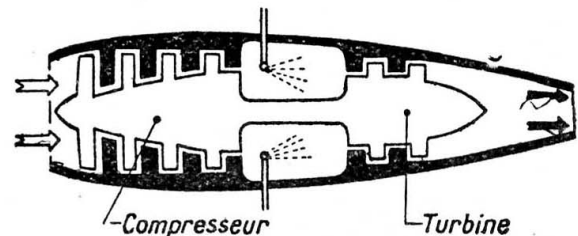
Turbine à combustion avec hélice
(Wright, Rolls-Royce, etc.)

RÉACTION DIRECTE



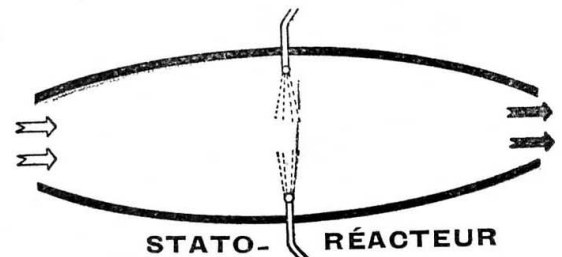
MOTO-RÉACTEUR

Compresseur entraîné par moteur alternatif
(Caproni, Gnome et Rhône)



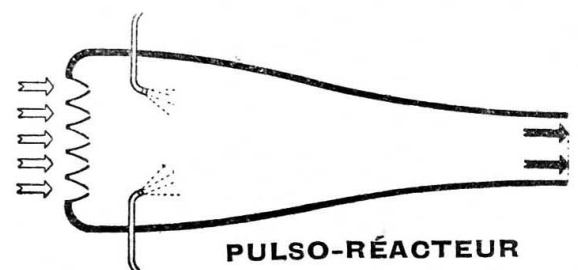
TURBO-RÉACTEUR

Compresseur entraîné par turbine à combustion
(Whittle, Junkers, Hirth, Rateau, etc.)



STATO-RÉACTEUR

Tuyère sans organes mobiles (Leduc)



PULSO-RÉACTEUR

Flux discontinu, volets de distribution mobiles (V1)

FIG. 1. — SCHÉMAS DE PRINCIPE ET CLASSIFICATION DES PROPULSEURS D'AVIATION

Celle-ci doit donc comprendre à la fois combustible et comburant. Tous les autres groupes de propulseurs utilisent l'air ambiant.

C'est d'abord le groupe *moto-propulseur* classique, moteur entraînant une hélice, laquelle agit dans l'air. Il n'y a pas d'enveloppe extérieure, donc pas de veine d'air dirigée. Sur la plupart des moteurs actuels, les tubu-

lures ou les collecteurs d'échappement sont traités de telle manière qu'ils fournissent un appoint non négligeable à la propulsion.

Dans le *turbo-propulseur*, le moteur à combustion classique est remplacé par une turbine dont le rôle est d'entraîner à la fois le compresseur amenant l'air à la turbine et une hélice sans enveloppe extérieure. Ce dispositif

semble être appelé à un grand avenir et des groupes de 10 000 ch et plus sont à l'étude, en France notamment. L'échappement des gaz de la turbine est utilisé comme appoint, comme dans le cas précédent, mais l'effort propulsif principal est toujours engendré par l'hélice. Pour cette raison, nous ne nous étendons pas ici, malgré sa grande importance, sur cette catégorie de propulseurs.

Dans toutes les autres combinaisons suivantes, l'hélice extérieure a disparu.

Le *moto-réacteur* groupe dans une enveloppe, ouverte aux deux extrémités, un moteur à explosions et un compresseur, à la suite desquels se trouve un injecteur. L'élément essentiel de cette combinaison est le moteur à flux discontinu, qui entraîne le compresseur. L'air extérieur est utilisé à la fois pour le refroidissement du moteur et comme comburant du combustible injecté.

Mais l'appareil le plus répandu à l'heure actuelle, celui qui est monté sur la majorité des avions à propulsion par réaction, anglais, américains, français et allemands, est le *turbo-réacteur*. Il se compose d'une enveloppe contenant un compresseur, des injecteurs et une turbine. Tous les éléments essentiels sont à flux continu. La puissance nécessaire à l'entraînement du compresseur est fournie par la turbine. Les gaz d'échappement de la turbine sont utilisés directement par éjection à travers une tuyère.

Le fonctionnement de l'engin peut se décomposer comme suit : l'air entre par un orifice à l'avant de l'enveloppe et est comprimé à l'aide du compresseur, centrifuge ou axial, à un ou plusieurs étages. L'air comprimé est dirigé dans une ou plusieurs chambres de combustion où le combustible est injecté et enflammé. Les gaz chauds passent sur les pales de la turbine et sortent par l'orifice ménagé à l'arrière de l'enveloppe.

Le *stato-réacteur*, de la catégorie suivante, ne comporte aucun organe mobile. Il se compose essentiellement d'une enveloppe, dont l'intérieur est traité en forme de tuyère, et d'un injecteur. L'air entre en flux continu et les gaz sont expulsés aussi en flux continu. La tuyère est dite « thermo-propulsive ».

Enfin, dans le *pulso-réacteur*, on utilise des organes mobiles, automatiques ou commandés, comme organes de distribution. L'appareil ressemble au *stato-réacteur*, mais avec une grille à l'avant réglant l'admission intermittente de l'air. L'injecteur et l'échappement sont les mêmes, mais l'injection peut être commandée. Le flux est discontinu (c'est le propulseur de la V 1).

Dans les descriptions qui vont suivre, nous observerons l'ordre ci-dessus, présentant en premier lieu les appareils propulsés par fusée.

Le Messerschmitt Me 163 "Komet"

Le Messerschmitt Me 163 est un des plus petits chasseurs existants, et en tout cas le plus petit qui ait été en service au front. Son envergure est de 9 m et sa longueur de 6 m. C'est un monoplace, monoplan à aile médiane, sans queue, avec dérive verticale seulement.

Le fuselage, très trapu, se compose de trois parties : une pointe avant, un poste de pilotage et un tronc contenant les réservoirs et le propulseur.

Le cône avant est en acier coulé de 8 mm d'épaisseur, relié à la partie contenant le poste de pilotage par de gros rivets en dural. Il comporte, à la pointe, un prolongement servant de support à une hélice à deux pales rectangulaires, de 40 centimètres de diamètre, chargée d'entraîner les appareils d'alimentation de l'équipement électrique du bord.

L'habitacle du pilote est en dural. Un capotage en plexiglas, d'une seule pièce, recouvre le pilote.

Les réservoirs de combustible sont situés au poste de pilotage. Un réservoir en dural, soudé et cloisonné intérieurement, contient 900 litres. Toutefois, la consommation énorme de combustible (2 000 litres pour 12 minutes de propulsion continue) permet de supposer que d'autres réservoirs sont répartis dans le fuselage. Un poste radio, derrière l'appui-tête du pilote, laisse dépasser un petit mât incliné vers l'arrière.

La partie arrière du fuselage est un tronc de cône en tôle garni d'une couronne rapportée en acier de 2 mm d'épaisseur. Les ailes, en forte flèche et sans dièdre, s'attachent à la partie centrale du fuselage. Leur profil, relativement mince, possède un bord d'attaque effilé.

La dérive, de grandes dimensions, surmonte le cône arrière et prolonge le carénage du cockpit. Le bord de fuite du gouvernail de direction s'arrête au droit de l'embouchure d'éjection des gaz et se prolonge, au-dessous, en une sorte de quille supportant la roulette de queue.

Cette roulette est la seule emportée par l'appareil en vol, le décollage s'effectuant sur deux roues largables. L'atterrissage a lieu sur un patin ventral, large de 20 cm, comme dans le cas d'un planeur.

Le Messerschmitt Me 163 est très lourd au départ : 5 200 kg environ, correspondant à 280 kg au mètre carré de voilure. Sa grande consommation de carburant contribue à l'alléger considérablement et il ne sera chargé qu'à 70 kg au mètre carré à l'atterrissage. Plusieurs témoins rapportent que ce chasseur pratique quelquefois le vol à voile en compagnie de planeurs. Le poids à vide se tient aux alentours de 1 600 kg. Sa vitesse maximum est estimée à 950 km/h et constitue sa seule dé-

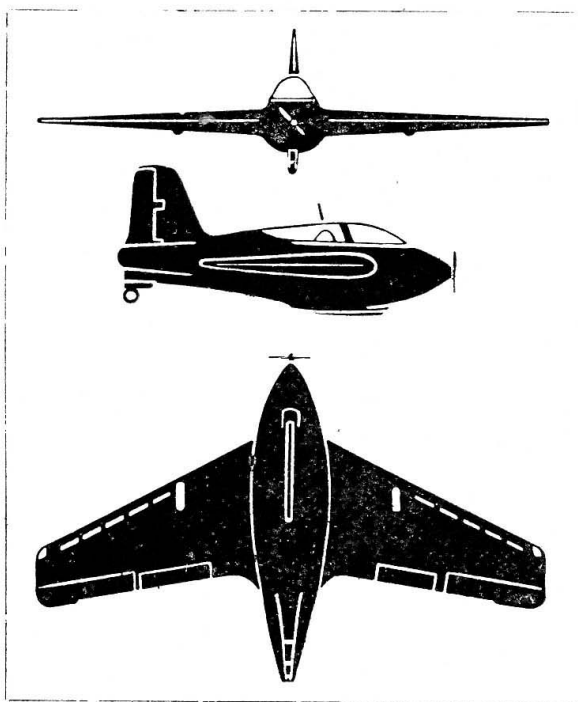


FIG. 2. — LE CHASSEUR A RÉACTION ALLEMAND ME 163 (9 M D'ENVERGURE, 6 M DE LONGUEUR)

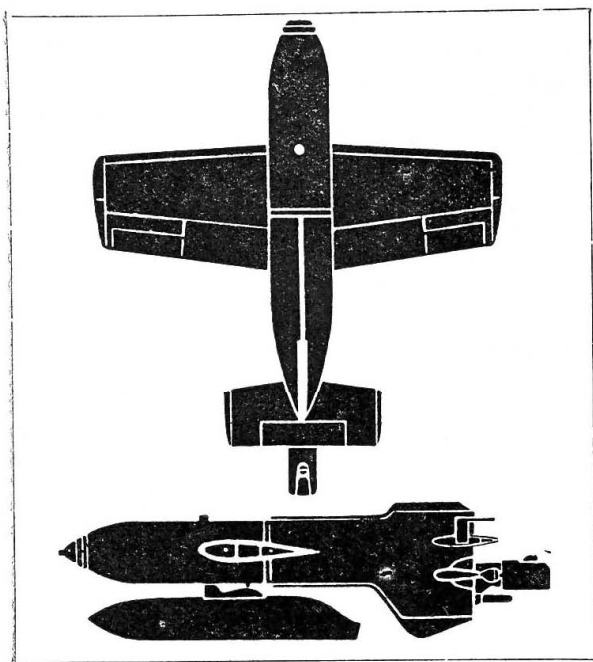


FIG. 3. — LA BOMBE PLANANTE ALLEMANDE HENSCHEL 293

fense, car on a constaté l'absence de blindage et de verres à l'épreuve des balles. La vitesse ascensionnelle est très élevée, 25 m par seconde, augmentant jusqu'à 50 m par seconde à partir de 1 200 m d'altitude.

L'armement consiste en deux ou quatre canons de 20 ou 30 mm, logés dans les ailes.

Le Messerschmitt Me 163 existe en deux versions : Me 163 A d'entraînement et Me 163 B de combat. Chaque version possède un propulseur de caractéristiques particulières : un système dit « froid » pour le type A et un dit « chaud » pour le type B. Toutes deux possèdent 15 injecteurs commandés par pompe. Dans le système « froid », ils recevraient un liquide à base d'eau oxygénée additionné d'une faible quantité d'alcool méthylique. Du permanganate de potassium servirait de catalyseur (1) et provoquerait la décomposition brusque de l'eau oxygénée, la chaleur dégagée enflammant l'alcool méthylique. La combustion s'effectue à une température relativement basse en produisant une longue traînée de vapeur.

Le système « chaud » semble utiliser un mélange d'eau oxygénée et d'alcool méthylique plus concentré, ou encore des carburants différents. La combustion s'accompagne d'un important dégagement de flammes (on parle de 15 mètres de long) qui justifierait le surnom de « Komet » (comète) donné à l'avion.

Ce système de propulsion entraîne une très forte consommation de carburant. La durée totale de la propulsion n'excède pas 15 minutes. Le pilote augmente la longueur du vol en alternant les périodes de propulsion et de plané.

La bombe planante Henschel Hs 293

Utilisée par les Allemands dès avant la sortie des V 1, la bombe planante télécommandée

Henschel Hs 293 est un monoplane sans pilote, à aile médiane et simple dérive, très débordante en sa partie inférieure. L'engin, de construction métallique, se compose d'un corps principal fuselé et d'un corps secondaire fixé au-dessous. Le corps principal contient à l'avant une charge de 590 kg d'explosif derrière laquelle se trouve le fuselage formant réservoir de combustible. A l'arrière, on remarque une sorte de boîte cylindrique ouverte à sa partie supérieure, destinée à émettre une fumée pendant le jour, ou une lueur pendant la nuit, permettant à l'équipage de l'avion qui a lancé la bombe de la diriger par radio vers son objectif. Le corps secondaire contient les appareils de radioguidage commandant les ailerons et le gouvernail de profondeur, et se termine par une chambre de combustion et une tuyère à réaction. Il n'y a pas de gouvernail de direction.

L'envergure est de 3,12 m et la longueur de 3,75 m. Avec un poids total de 907 kg, la bombe Hs 293 atteint 580 km/h. Elle parcourt en planant une distance horizontale égale à environ 10 fois la hauteur à laquelle elle a été lancée, et est amenée, pour l'attaque contre les navires, armée sous les ailes des Heinkel 177, Dornier Do 217 ou Focke Wulf Fw 200. Sa portée serait de 8 km, mais le contrôle par radio n'opère que jusqu'à 3 ou 4 km. Les Allemands l'ont également lancée à l'attaque des bombardiers.

Le propulseur de la bombe planante Henschel He 293 est de conception identique à celui du Messerschmitt Me 163, mais le carburant utilisé serait de l'eau oxygénée à très fort volume et le catalyseur du permanganate de calcium.

L'avion-suicide « Baka »

Baka veut dire « fou » en japonais, et les Américains, dans leur code du Pacifique, ont

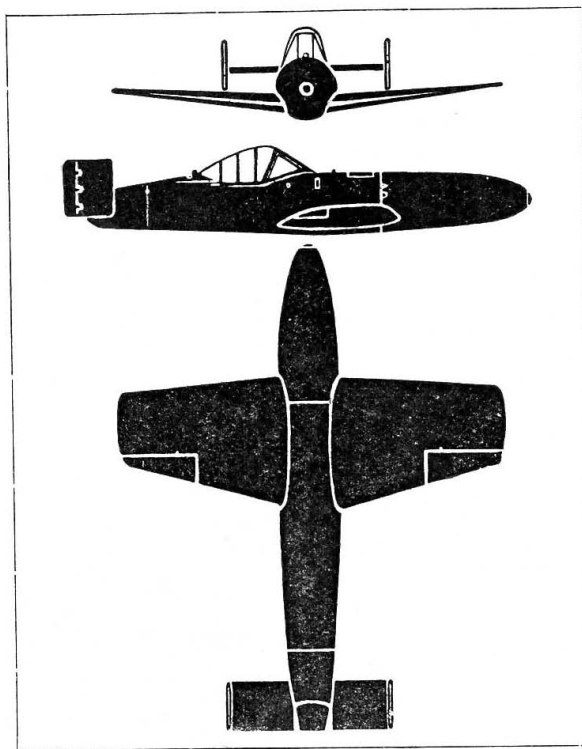


FIG. 4. — L'AVION-SUICIDE JAPONAIS « BAKA » (5 M D'ENVERGURE)

(1) Voir : « Le propulseur des V 2 » (*Science et Vie*, n° 332, mai 1945, p. 187).

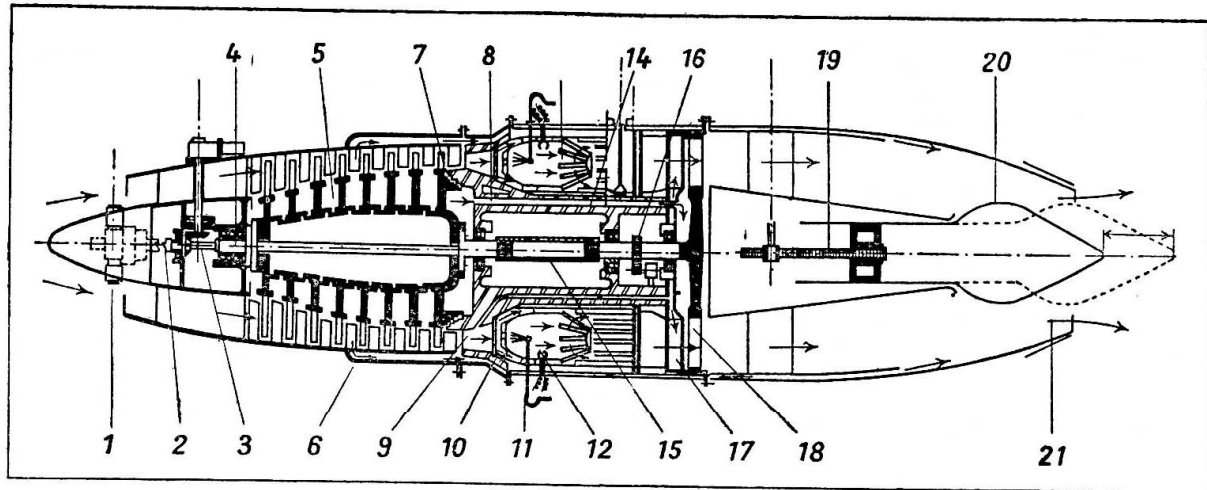


FIG. 5. — COUPE DU TURBO-RÉACTEUR JUNKERS JUMO 004

1, moteur de lancement; — 2, dents de loup assurant le débrayage du moteur de lancement; — 3, commande des auxiliaires; — 4, palier avant du compresseur; — 5, compresseur à huit étages; — 6, prélèvement d'air; — 7, tambour d'aiguillage; — 8, 9, 10, canalisations d'air sous pression; — 11, injecteur; — 12, bougie de départ; — 13, chambre de combustion; — 14, carter principal; — 15, manchon d'accouplement; — 16, pompe à huile; — 17, aubages de distribution; — 18, turbine; — 19, commande de réglage de l'obturateur d'échappement; — 20, obturateur d'échappement; — 21, tuyère d'échappement.

nommé cet avion ou plutôt cette bombe « Viper ». Construit en bois et en métal léger, par la firme Fuji Hikoki, le Baka a été vu pour la première fois lors de l'attaque contre Okinawa. Il n'a pas de train d'atterrissage puisqu'il est destiné à être détruit par l'explosion de sa charge de 1 200 kg contenue dans le nez du fuselage, boulonné sur le corps principal.

L'habitacle du pilote, rappelant celui des plus récents avions de chasse, est situé très en arrière, derrière le bord de fuite de l'aile. L'aile, très trapue, n'a que 5 m d'envergure. Derrière le pilote, la queue contient les trois fusées de propulsion, d'une durée de fonctionnement de 40 secondes seulement. Un empennage horizontal surélevé, de 2,40 m d'envergure, flanqué de deux dérives verticales de forme carrée, termine le fuselage long de 6 mètres.

Le Baka se pilote comme un avion, étant muni de gouvernes classiques : ailerons, profondeur, direction. Son pilote dispose des instruments principaux de contrôle tels que : compas de direction, badin, altimètre, inclinomètre. La faible durée de combustion de la fusée laisse supposer que la bombe est lâchée à grande altitude, entre 4 500 et 8 000 m, et commence par piquer vers l'objectif. Le propulseur ne serait utilisé que pour évoluer à proximité du but et augmenter la vitesse d'impact.

Le Baka est transporté sous le ventre du bombardier bimoteur Betty 22. La légende veut que le pilote soit sacrifié et le mot d'« avion-suicide » a été prononcé. S'il est exact que le pilote d'un tel engin encoure de gros risques, on pense que la bombe doit se séparer en plusieurs parties avant l'impact et que le pilote peut alors tenter de se sauver en parachute.

L'avion Campini-Caproni CC 2

Le premier avion comportant un dispositif du type « moto-réacteur » a été le Campini-Caproni qui a effectué le voyage Milan-Rome, soit 474 km, en 2 h. 15. La vitesse moyenne ressortant à 210 km/h environ est très modeste, mais on doit considérer ce vol comme un essai. Ce

biplace avait été précédé du monoplace CC 1 qui vola en août 1940.

Sur le Campini-Caproni, l'air entre par un orifice à l'avant et circule autour d'un corps fuselé central enfermant un moteur Isotta-Fraschini à 12 cylindres en V. Ce moteur classique, refroidi par liquide, entraîne deux grands compresseurs logés sensiblement au milieu de la longueur du fuselage. L'air comprimé en deux étages est refroidi et canalisé par radiateur et amené vers une série d'injecteurs disposés en couronne, dans la chambre de combustion. L'échappement a lieu dans une tuyère à orifice réglable au moyen d'un cône mobile.

Il faut signaler que Gnome et Rhône étudie avec Rateau un compresseur entraîné par son moteur 14 M « Mars » avec injection additionnelle de carburant dans les tuyères.

La S. N. C. A. du Nord étudie actuellement un bimoteur de transport dans lequel les moto-réacteurs Gnome et Rhône-Rateau sont accolés au fuselage dans le genre des moteurs du Bell P-59 « Airacomet » dont il sera question plus loin. L'échappement est décalé vers l'extérieur par rapport au plan médian du fuselage pour que les gaz chauds n'atteignent pas les empennages, bien que ceux-ci soient surélevés et à simple dérive. L'envergure est de 14 m, avec une surface alaire de 25 m². Le poids total de 6 t environ fait ressortir la charge alaire à 240 kg/m², ce qui implique une vitesse assez élevée.

Le Junkers Jumo 004 et les turbo-réacteurs allemands

Nous entrons maintenant dans la catégorie des turbo-réacteurs, la plus représentée et qui groupe les noms de Junkers, Heinkel, Hirth, Rateau, Whittle, etc.

Le turbo-réacteur Junkers Jumo 004 se présente comme un corps fuselé de 3 m de long et de 0,75 m de diamètre au maître couple, situé au tiers arrière. Il consiste principalement en un compresseur axial à huit étages, envoyant l'air comprimé dans six chambres cylindriques de combustion disposées en barillet autour de l'axe. Sa vitesse axiale est réduite et on lui

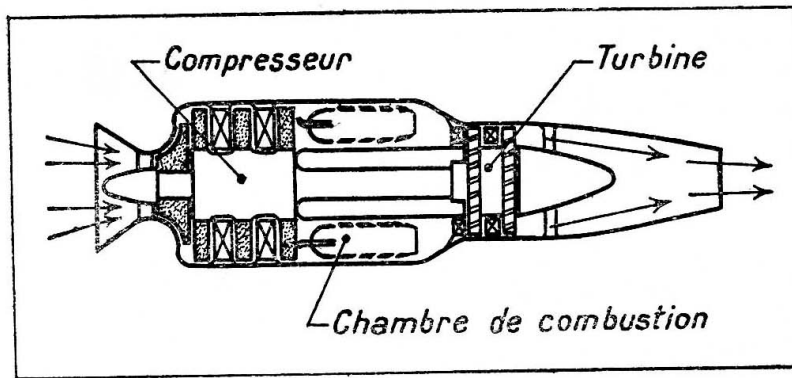


FIG. 6. — SCHÉMA DU TURBO-RÉACTEUR HEINKEL-HIRTH (COMPRESSEUR A 4 ÉTAGES, TURBINE A 2 ÉTAGES)

communiquant une forte rotation avec turbulence. Le combustible est introduit à contre-courant, finement pulvérisé, et brûle sur un faible parcours. Les gaz à très haute température résultant de la combustion de l'air primaire sont mélangés à de l'air frais secondaire avant d'arriver à la turbine. La turbine, à un seul étage, entraîne le compresseur disposé à l'avant. Les gaz sortent ensuite à travers une buse à ouverture réglable. Compresseur et turbine reposent sur quatre paliers à billes, un avant le compresseur et trois entre le compresseur et la turbine, supportés par un fût central en alliage léger. Une circulation d'air est prévue autour des divers éléments par des procédés assez ingénieux.

Dans un cône, concentrique à l'ouverture avant du fuselage de carénage, se trouve un petit moteur à deux temps, deux cylindres opposés, refroidi par air, d'une puissance de 10 ch. Il est accouplé à l'axe du compresseur au moyen de dents de loup à débrayage automatique. Ce moteur est destiné au lancement. Il entraîne d'abord le compresseur à 1000 tours par minute, et l'allumage se produit dans les chambres d'explosion. Le moteur accélère encore jusqu'à 2000 tours, puis se débraye. A ce moment, le turbo-réacteur fonctionne par ses propres moyens.

A la suite du moteur se trouve l'engrenage d'entraînement des auxiliaires : régulateur de vitesse, pompe à huile de régulation et pompe à pétrole.

Le compresseur axial à huit étages est composé de plusieurs roues enfilées sur le même axe. L'axe est supporté à l'avant par un palier à trois roulements-butées encaissant la réaction des aubages et à l'arrière par un seul roulement. Un tambour d'équilibrage compense en partie la réaction axiale du compresseur. A cet effet, le tambour est mis en communication, au moyen de canaux traversant le carter principal, avec la zone de dépression située derrière la roue de la turbine. Après le quatrième étage du compresseur, la partie extérieure du carter intermédiaire assure un prélèvement d'air destiné à refroidir l'enveloppe de la turbine. L'air comprimé sortant du dernier étage du compresseur passe dans les six chambres de combustion suivant le processus déjà écrit. A l'entrée des chambres de combustion, des canaux amènent l'air sous pression vers les tuyères de distribution, assurant leur refroidissement. Chaque chambre de combustion possède un pulvérisateur de combustible; trois bougies (une sur deux chambres) servent à l'allumage au départ; le fonctionnement normal se fait par auto-allumage.

En outre, la chambre est refroidie par une circulation extérieure d'air secondaire.

Les gaz chauds passent dans des aubages de distribution à la roue de la turbine. L'axe de la turbine est supporté, vers l'avant seulement, par deux roulements. Il est relié à l'axe du compresseur qu'il est chargé d'entraîner au moyen d'un accouplement couissant permettant la libre dilatation. Le graissage des paliers intérieurs est assuré par une pompe à huile commandée directement par l'arbre de la turbine. Les gaz chauds s'échappent enfin à l'air libre à travers une tuyère à réaction dont la section

de sortie est réglée au moyen d'un obturateur ogival couissant, d'une course de 20 cm. Le réglage s'opère en fonction du débit de combustible et permet d'assurer la meilleure vitesse du groupe et la température la plus favorable suivant l'altitude et la charge.

Pour commander ces réacteurs, le pilote dispose d'une seule manette agissant sur le combustible, dont le débit est en outre soumis à l'action automatique d'une capsule manométrique en fonction de la densité de l'air à l'altitude de vol; un régulateur de vitesse stabilise le régime du groupe turbo-réacteur.

La longueur du compresseur est de 0,60 m. Le diamètre des aubages va en augmentant légèrement jusqu'à atteindre 0,59 m. Le compresseur aspire 19 m^3 d'air par seconde et le comprime à 3,2 atmosphères. Il tourne à 8800 tours par minute. La roue de la turbine pèse 80 kg pour un diamètre de 70 mm. L'arbre pèse 4 kg, les six chambres 50 kg, le collecteur 19,2 kg, le distributeur 22 kg, la tuyère 87 kg, les carters 104 kg.

La consommation spécifique est de 500 g/ch-h environ, soit plus du double d'un moteur à piston normal. Le rendement thermodynamique est de 11,6 % à 10 000 m d'altitude. Le poids d'un groupe est de 750 kg. La puissance est de 2600 ch au sol, fournissant un effort de décollage de 900 kg. La durée de fonctionnement d'une chambre de combustion est de 25 heures seulement, au delà desquelles elle est brûlée. La vitesse d'éjection des gaz atteint 605 m/s.

D'une disposition générale semblable à celle du Jumo 004, le moteur B M W 003 utilise un compresseur à 7 étages et une turbine à un seul étage.

De conception plus récente, le Heinkel-Hirth 011 est logé dans un corps fuselé d'un diamètre un peu supérieur à celui du 004, soit 0,914 m, mais d'une longueur moindre : 2,59 m environ.

Il se compose d'un compresseur à quatre étages et d'une turbine à deux étages. L'arbre central est supporté par des roulements à billes pour le compresseur et des roulements à rouleaux pour la turbine. La turbine tourne à 9000 tours/minute.

Le premier étage du compresseur est du type centrifuge, alors que les trois autres sont axiaux. Le rapport de compression est de 5. L'ensemble pèse environ 900 kg et fournit une poussée de 1250 kg.

Enfin, le turbo-réacteur Bussing N. A. G. dif-

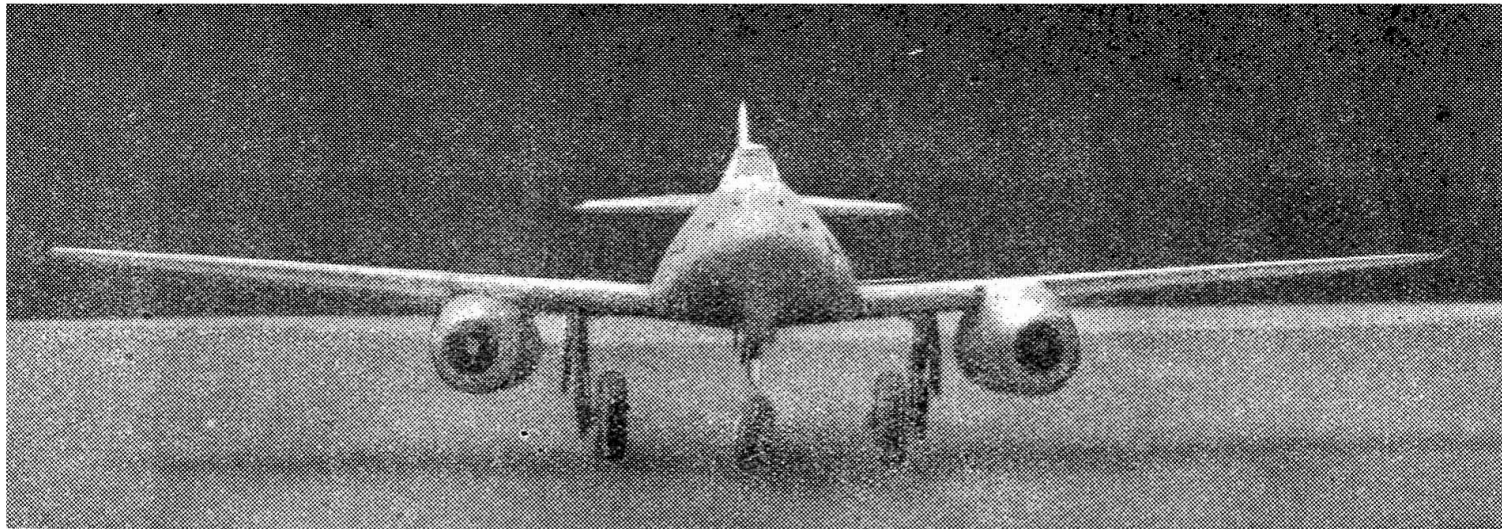


FIG. 7. — LE CHASSEUR BIMOTEUR A RÉACTION ALLEMAND MESSERSCHMITT -ME 262 « SCHWALBE »
(ENVERGURE 12,50 M, LONGUEUR 10,60 M)

fière des précédents par son compresseur du type à pistons.

La mise au point de tous ces turbo-réacteurs s'est révélée assez longue et le premier prêt, le Junkers-Jumo 004 a équipé les Heinkel He 280, Messerschmitt Me 262 et Arado 234.

Le Heinkel He 280

Ce chasseur a fait son apparition à la fin de 1944 et est sorti à un très petit nombre d'exemplaires, vraisemblablement à cause de sa vitesse inférieure à celle du Messerschmitt Me 262.

C'est un monoplan monoplace, entièrement métallique, à aile basse présentant un dièdre assez prononcé. Le fuselage à long nez est très effilé. Le plan fixe, à dièdre important, est flanqué de deux dérives de forme trapézoïdale. Le contour de l'aile, de forme elliptique, rappelle la construction Heinkel. Le train est tricycle, à jambes très courtes, les roues principales se repliant dans l'aile vers le fuselage.

On lui prête les caractéristiques suivantes :

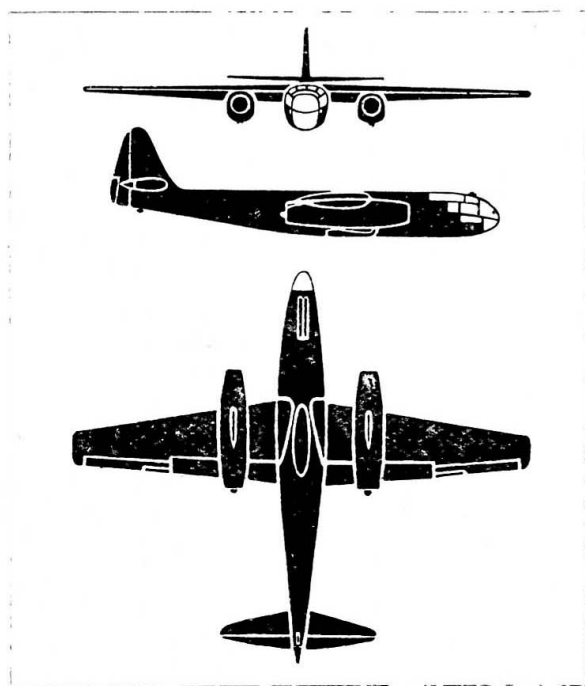


FIG. 8. — LE CHASSEUR BIMOTEUR A RÉACTION ALLEMAND ARADO AR 234 (ENVERGURE 14,40 M, LONGUEUR 12,70 M)

envergure, 11,90 m; largeur, 10,70 m; surface portante, 20 m²; poids total, 6 300 kg; vitesse, 800 km/h. Les deux turbo-réacteurs Jumo 004 sont logés sous les ailes. L'autonomie serait de 40 minutes.

L'armement comprendrait soit 4 canons de 30 mm, soit 2 canons de 30 mm et 3 de 20 mm, tous logés dans le nez.

Messerschmitt Me 262 "Schwalbe"

Le chasseur bimoteur à réaction Messerschmitt Me 262 fut utilisé pour la première fois sur le front lors de l'attaque du pont de Nimègue.

Il se présente comme un monoplan à aile basse cantilever avec simple dérive et empennage surélevé. Les deux propulseurs sont fixés sous l'aile; le train d'atterrissage est tricycle, les roues principales étant supportées par de très courtes jambes.

L'aile, d'une seule pièce, possède un dièdre et surtout une flèche considérables. De construction métallique à revêtement travaillant en tôle de dural de 0,5 mm, elle rappelle les lignes angulaires de Messerschmitt avec un seul longeron très important et une multitude de raidisseurs. L'extrados est lisse, tandis qu'à l'intrados on trouve les groupes moteurs et le logement des roues principales du train. Le bord d'attaque est doté d'une fente automatique genre Handley-Page qui court du bord marginal au fuselage, interrompue par les turbo-réacteurs. Le bord de fuite est occupé par les ailerons, assez courts, et par les volets de courbure. Ailerons et volets sont métalliques.

Le profil de l'aile est mince, à bord d'attaque effilé, sensiblement symétrique, à l'épaisseur maximum au tiers du bord d'attaque. L'épaisseur est d'environ 30 cm à l'emplanture. Il est intéressant de noter que, malgré les hautes vitesses pour lesquelles est construit le Me 262, l'aile ne présente aucune trace de recherche particulière d'écoulement supersonique.

Les roues principales du train, relevables vers le fuselage, s'escamotent entièrement à l'aide de volets fixés sur les jambes et sur le fuselage.

Le fuselage, de construction métallique en dural, semi monocoque, est de forme très spéciale par sa section triangulaire à angles arrondis. Il est plus large que haut à l'emplanture de l'aile. Le nez, exceptionnellement effilé, dépasse le bord d'attaque. La dérive, venue de construction, est triangulaire et relativement importante. Elle

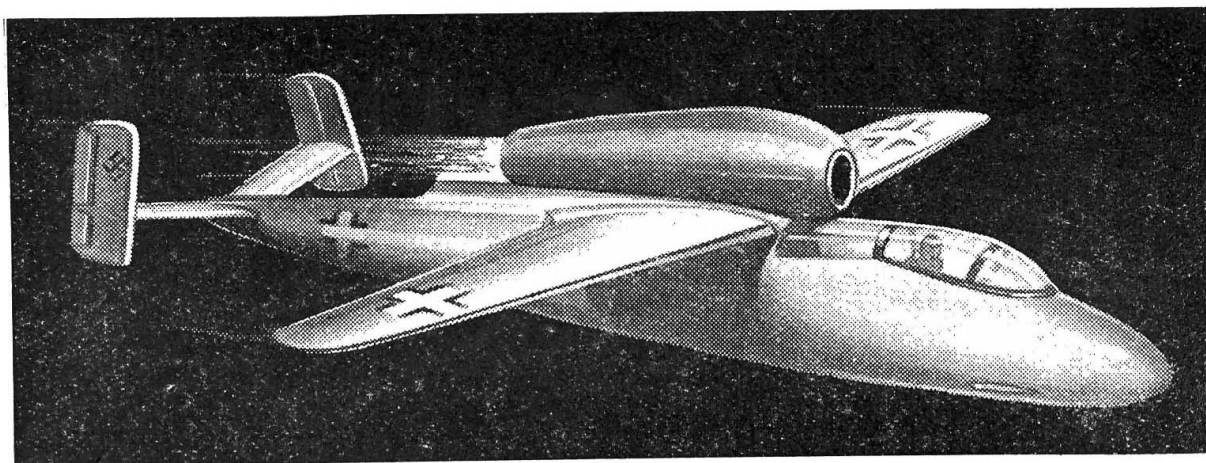


FIG. 9. — LE CHASSEUR ALLEMAND HEINKEL HE 162 « VOLKSJÄGER »

supporte à mi-hauteur le plan fixe, de forme triangulaire également, réglable en vol par un moteur électrique logé dans le raccordement de la dérive et du dos du fuselage. A l'avant s'articule la jambe de la roue orientale rentrant vers l'arrière en opérant une rotation de 90°, de manière à s'encaster à plat dans le fuselage.

Ensuite se logent les quatre canons de 30 mm avec leurs magasins d'approvisionnement, puis un réservoir de combustible. Le poste de pilotage se trouve au-dessus de l'aile. Les commandes sont normales : manche à balai et palonnier actionnant les gouvernes. Le blindage consiste en plaques métalliques et un pare-brise à l'épreuve des balles, de 5 cm d'épaisseur. Le capotage, translucide, est en trois parties : un pare-brise fixe ; un toit ouvrant de gauche à droite dans le genre du Messerschmitt Me 109, et un profilage se raccordant à une légère excroissance du dos du fuselage. Les deux derniers éléments sont largables en vol pour l'évacuation rapide. Derrière le pilote on trouve encore le poste de radio avec une antenne annulaire et un fil qui part de la pointe de la dérive et aboutit dans le carénage arrière du cockpit, des accumulateurs, des bouteilles d'air comprimé et des réservoirs additionnels.

L'armement peut être complété par une ou deux bombes de 250 kg ou par des fusées. Dans certains cas, les quatre canons ont été remplacés par une seule arme montée dans l'axe, d'environ 40 mm. D'autres versions sans armement emmenaient deux appareils photographiques et des réservoirs supplémentaires d'une capacité totale de 2600 l.

Le carburant utilisé est le gasoil. L'envergure du Me 262 atteint 12,51 m et sa longueur 10,50 m. Son poids est d'environ 7 t en ordre de vol. Il décolle en 700 à 1 000 m et grimpe à une allure étonnante (12 000 m en 4 minutes 30 s). Sa vitesse maximum devrait être de 900 km/h

d'après la puissance des moteurs et la finesse de la cellule. Mais, en raison peut-être de l'apparition des phénomènes supersoniques, la vitesse réelle n'est que de 830 km/h. Il est équipé de deux turbo-réacteurs Junkers Jumo 004. L'autonomie est réduite à 45 minutes en raison de la très forte consommation. Le pilote alterne les périodes de propulsion et de plané.

L'Arado Ar 234

Un peu plus grand que le Messerschmitt Me 262 et propulsé comme lui par deux turbo-réacteurs Junkers Jumo 004, le monoplane Arado Ar 234 est moins rapide.

Il se distingue par une aile haute, de forme trapézoïdale, sous laquelle sont accrochés les propulseurs ; un fuselage sans saillie extérieure, le poste de pilotage se trouvant dans le nez entièrement vitré ; un plan fixe monté juste au-dessus du raccordement de la dérive avec le fuselage. Le train est naturellement tricycle. Les roues principales rentrent dans le fuselage, en remontant vers l'avant. L'envergure est de 14,40 m et la longueur de 12,71 m.

L'Arado Ar 234 n'est pas armé, étant destiné aux missions tactiques de reconnaissance et de bombardement léger. Une grosse bombe s'encastre à demi dans le ventre du fuselage et deux plus petites s'accrochent sous les propulseurs. Avec ce chargement de 700 kg, la vitesse atteint 780 km/h environ.

Le Heinkel He 162 "Volksjäger"

Le Heinkel He 162 « Volksjäger » (chasseur populaire) se fabriquait en série dans des usines souterraines à Egeln, depuis janvier 1944.

C'est un monoplacé, monoplane métallique à aile haute avec empennage stabilisateur en V à double dérive de forme rectangulaire. Le fuse-

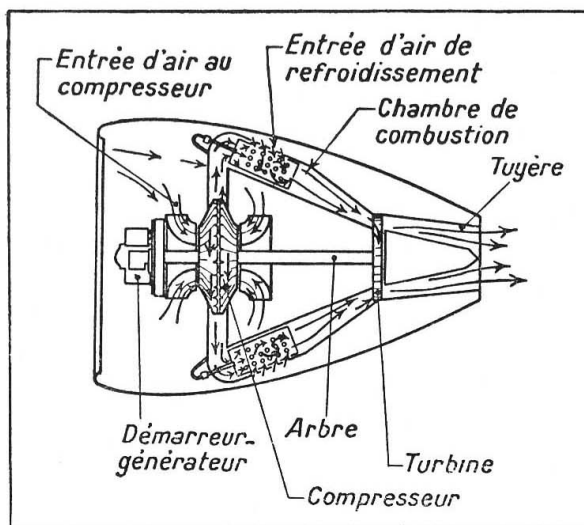


FIG. 10. — SCHÉMA DE PRINCIPE DU PROPULSEUR « WHITTLE »

lage métallique est de section elliptique. Le pilote est assis sous un cockpit transparent composé d'un pare-brise et d'un carénage relevable vers le haut. La partie centrale du fuselage contient le réservoir de combustible, reçoit l'aile fabriquée d'une seule pièce et elle-même surmontée du fuseau moteur. Le jet de propulsion s'écoule au-dessus du fuselage qui est protégé par une quille en forme de V. L'armement consiste en deux canons de 30 mm logés sous le siège du pilote, de part et d'autre du fuselage.

Avec sa surface portante réduite, l'appareil, très chargé au mètre carré, doit atteindre une vitesse élevée (960 km/h environ).

Il n'est pas précisé si le propulseur est un turbo-réacteur B M W 003, ainsi qu'il est probable. D'après les personnages photographiés autour des fuselages au montage, il semble que la longueur du Heinkel 162 soit de 8,50 m environ, pour une envergure de 7,90 m.

Le turbo-réacteur " Whittle "

L'Air-Commodore Frank Whittle, en collaboration avec la Power Jets Ltd et la British Thompson Houston Co Ltd a étudié un turbo-réacteur qui est à la base de toutes les réalisations anglaises et américaines : Rolls-Royce, De Havilland, General Electric Co, etc. (1).

Il diffère essentiellement des dispositifs allemands par l'adoption d'un compresseur centrifuge double.

La description peut être résumée ainsi : sur un arbre central unique sont montés, de l'avant vers l'arrière, un générateur, un starter actionné par une batterie de 24 volts et des pompes, puis une roue de compresseur centrifuge de 0,70 m de diamètre. Cette roue absorbe 30 m³ d'air par seconde (contre 19 m³ pour le Jumo 004). L'air parvient au moyen d'une ouverture ménagée à l'avant et de guides l'amenant sur les deux faces du compresseur. L'air comprimé s'échappe radialement vers des chambres de mélange. Les chambres sont en deux parties : une douille intérieure percée de trous et recevant le carburant au moyen d'un injecteur vissé en bout, et une enveloppe également percée. A travers les orifices de l'enveloppe passe l'air de refroidissement qui se mélange au combustible pulvérisé avant d'atteindre la chambre de combustion. Il y a ensuite inflammation suivant le cycle habituel, et projection des gaz sur la roue de la turbine calée à l'autre extrémité de l'arbre. Le diamètre maximum du fuseau atteint 1,25 m en raison de la disposition des conduites d'air utilisant l'échappement centrifuge du compresseur.

(1) La Westinghouse Electric construit chez Pratt et Whitney, pour le compte de l'U.S. Navy, un moteur à réaction d'une conception différente de celle de Whittle. Disposant de puissants moyens, on a étudié un nouveau métal, le K-24-B, alliage forgeable, supportant des températures de plus de 650 degrés.

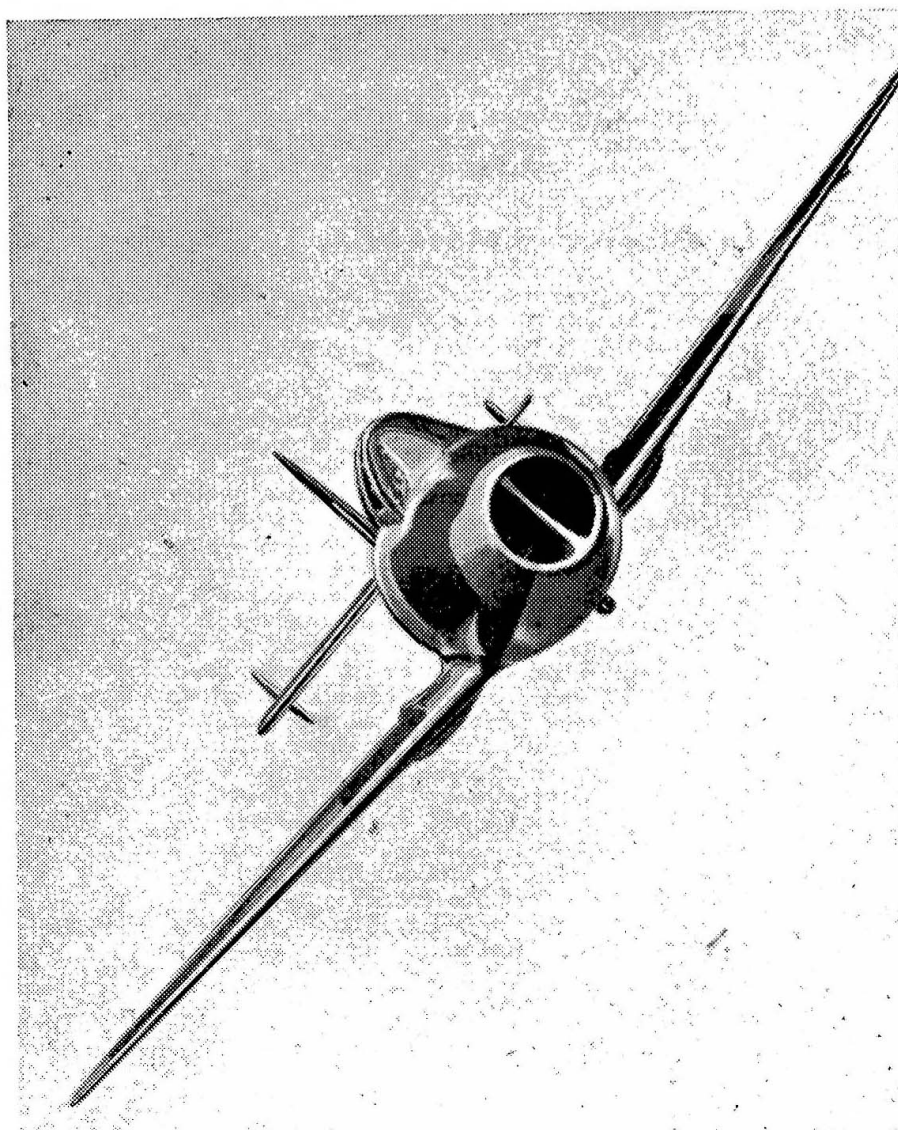
Le Gloster E 28/39

Dès l'apparition des premiers renseignements sur les avions allemands, l'Angleterre révéla l'existence du Gloster E 28/39 pour lequel elle revendique la date de mai 1941 pour son premier vol. On savait déjà, par l'examen des brevets, que le commandant Whittle étudiait la propulsion par réaction depuis 1933. Ce prototype a servi à l'étude du Gloster « Meteor ». C'est un monoplan à aile basse dont le fuselage très renflé contient un propulseur Power Jets Ltd — Whittle W 2/700, logé dans la partie arrière. Le poste de pilotage est situé très en avant, devant le bord d'attaque de l'aile. Les empennages sont décalés, le plan fixe à gouverne unique surplombant l'orifice d'éjection des gaz et comportent deux petites dérives additionnelles. Le train d'atterrissage tricycle possède des roues très petites montées sur des jambes très courtes et se relève dans l'aile vers l'arrière. L'air entre par un orifice circulaire à l'avant, divisé en deux par une paroi verticale, assurant l'écoulement vers le compresseur, de part et d'autre du poste de pilotage. Les photographies ne révèlent aucun armement (env. 9,5 m., long. 9 m).

Bien qu'étant donné comme ayant servi à la chasse aux V 1 (1), le Gloster E 28/39 ne semble représenter qu'un appareil d'entraînement, au même titre que le Bell P 59 « Airacomet ».

(1) Voir : « La défense contre les V 1 » (*Science et Vie*, n° 332, mai 1945, p. 183).

FIG. 11. — LE CHASSEUR MONOMOTEUR EXPÉRIMENTAL A RÉACTION GLOSTER E 28/39



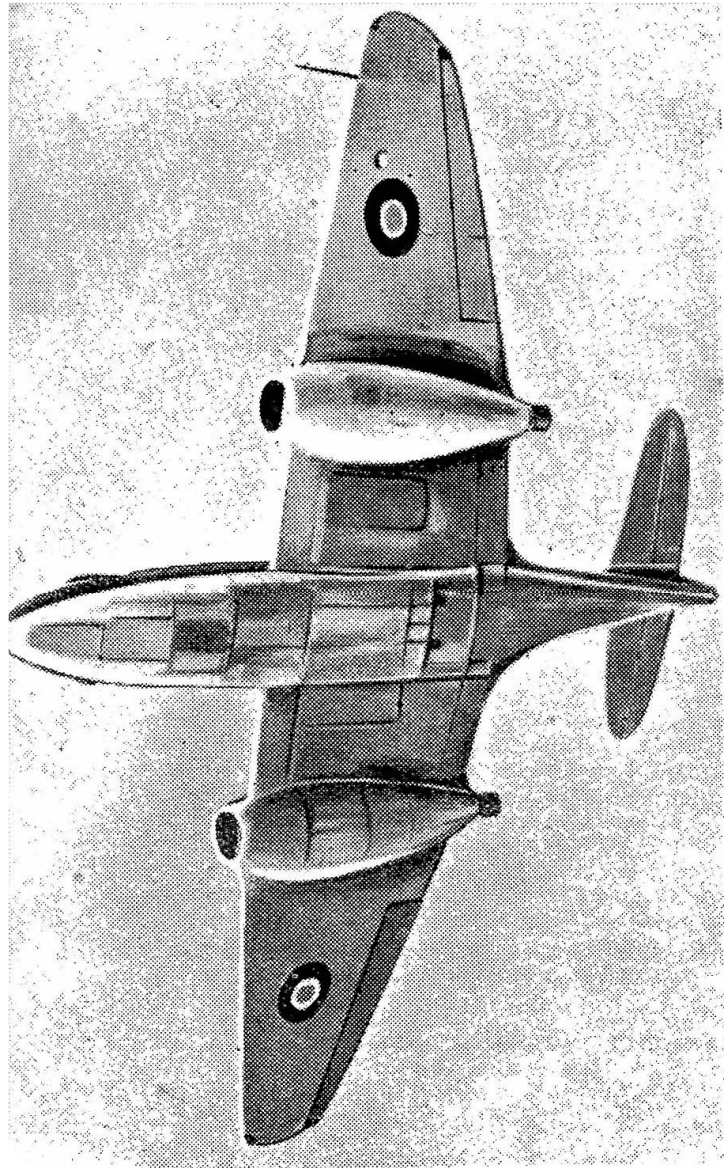


FIG. 12. — LE CHASSEUR BIMOTEUR ANGLAIS A RÉACTION GLOSTER « METEOR » (ENVERGURE 13,10 M, LONGUEUR 12,50 M)

Le Gloster « Meteor »

Ayant effectué son premier vol en 1943, le Gloster « Meteor » s'attaqua aux bombes volantes dès 1944. Il fait suite au Gloster E 28/39 monomoteur expérimental.

Construit par la Gloster Aircraft Co, il se présente comme un monoplane monoplace métallique à aile basse, bimoteur, à train d'atterrissage tricycle.

La construction s'effectue par fractions : nez du fuselage avant avec la roue; partie médiane du fuselage à laquelle est rattachée la partie médiane de l'aile avec les nacelles motrices et les roues principales du train; demi-ailes extérieures; partie arrière du fuselage avec les empennages. Le plan fixe, en deux parties, est surélevé à mi-hauteur de la dérive, pour échapper à l'action des gaz chauds. La dérive se prolonge sous le fuselage en une sorte de quille prévue pour amortir les chocs à l'atterrissage en cas de cabrage. La manœuvre du train, ainsi que celle des volets de courbure et des freins aérodynamiques, est assurée par une pompe hydraulique doublée d'une pompe à main de secours. Des masselotes, logées à l'intérieur de l'aile, compensent les ailerons.

Le Gloster « Meteor » est propulsé par deux turbo-réacteurs « Welland » ou « Derwent »

construits par Rolls-Royce d'après les principes de Whittle. Leur position diffère de celle des appareils allemands en ce sens qu'ils sont montés « autour » du longeron de l'aile qui les sépare ainsi en deux dans leur plan médian, au lieu d'être accrochés sous l'aile.

L'armement consiste en quatre canons Hispano, de 20 mm, logés dans le nez, de part et d'autre du fuselage. Une camera automatique est commandée à volonté avec ou sans le tir.

Le « Meteor » possède des dimensions plus grandes que le Gloster E 28/39. Son envergure atteint 13,10 m, sa longueur 12,49 m, sa hauteur 3,96 m et sa surface portante 34,74 m².

Le Bell P-59 « Airacomet »

En septembre 1941, conformément à la loi Prêt et Bail, le gouvernement anglais expédia aux Etats-Unis un exemplaire du Gloster E 28/39. La General Electric Co étudia le propulseur et Bell reçut commande d'une cellule. Le premier vol du P-59, né de cette association, eut lieu en juillet 1943.

Suivant la lignée des Bell, le P-59 possède un fuselage très étroit, de section elliptique. Il est propulsé par deux turbo-réacteurs G. E. Co, système Whittle, accolés au fuselage, de part et d'autre du poste de pilotage, ce qui lui donne un aspect caractéristique à cause des larges ouvertures d'air sensiblement rectangulaires et des deux orifices d'échappement circulaires débouchant sous le bord de fuite de l'aile.

La dérive se raccorde au fuselage par une arête dorsale. Le plan fixe est légèrement surélevé. L'aile utilise naturellement un profil spécial à écoulement laminaire; son envergure atteint 14,60 m pour une longueur de fuselage de 11,65 m. Les roues principales à très large voie du train tricycle se replient dans l'aile vers les carénages des turbines.

L'armement des premiers modèles consis-

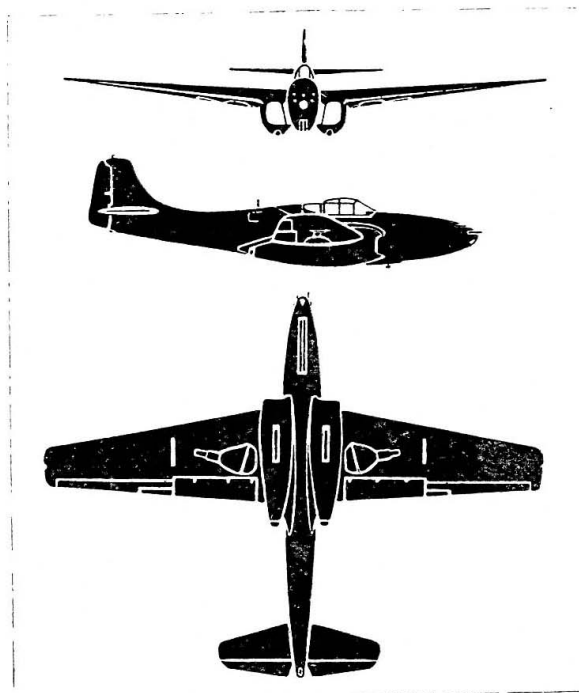


FIG. 13. — LE CHASSEUR BIMOTEUR AMÉRICAIN A RÉACTION BELL P-59 « AIRACOMET » (ENVERGURE, 14,60 M; LONGUEUR 11,65 M)

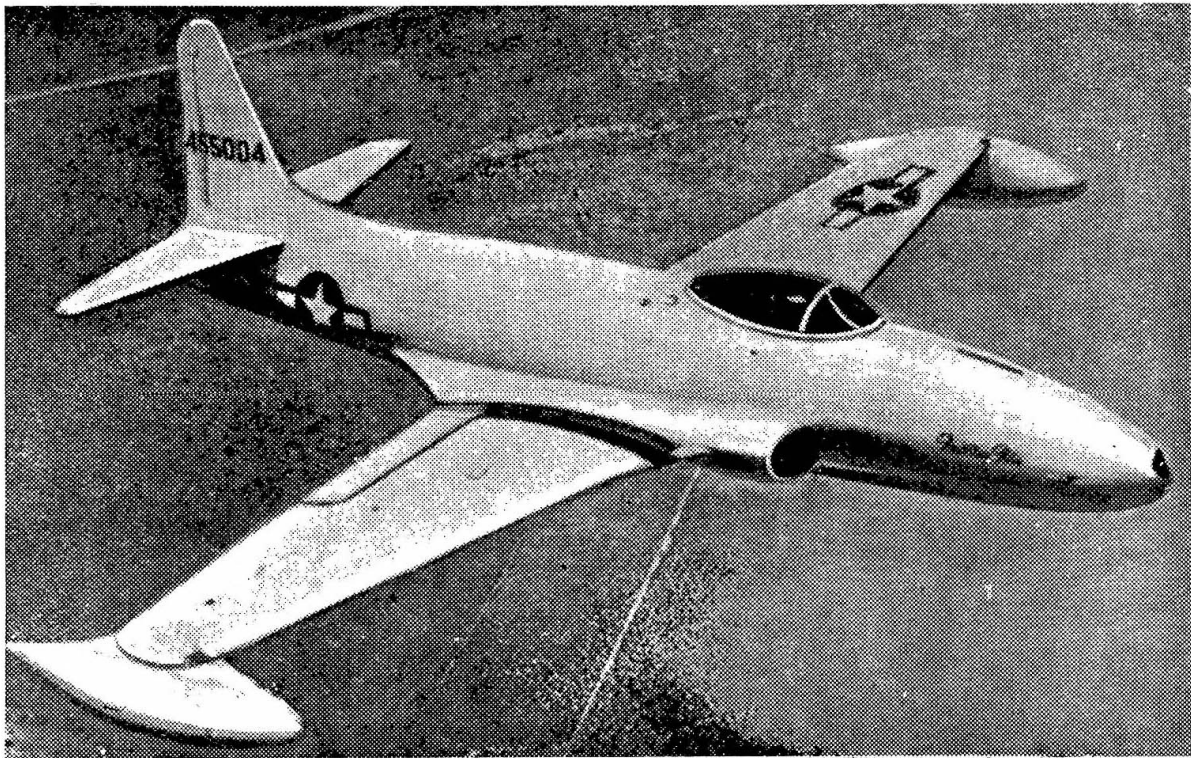


FIG. 14. — LE CHASSEUR AMÉRICAIN LOCKHEED P 80 « ÉTOILE FILANTE »

Ce chasseur propulsé par réaction pourrait, d'après certaines informations, dépasser la vitesse du son, ce qui, du point de vue aérodynamique, oblige à adopter des profils d'aile en lame de couteau. De même des réservoirs largables ont été placés aux extrémités des ailes, vraisemblablement pour éviter la production locale de vitesses excessives sur l'aile. L'appareil, dont le plafond est de 13 700 m, est équipé d'une cabine étanche. Son armement est de six mitrailleuses de 12,7 mm.

tait en deux ou quatre mitrailleuses de 12,7 mm. Le dernier modèle, le P-59A, a des ailes rognées, une forme d'empennages modifiée et s'arme de quatre mitrailleuses de 12,7 mm et d'un canon de 20 mm. Ce type sert maintenant à l'entraînement des pilotes en vue de leur passage sur le Lockheed P-80 « Shooting Star ».

Le Lockheed P-80 " Shooting Star "

Construit par Lockheed, cet appareil serait le plus rapide du monde. Il dépasserait donc la vitesse de 950 km/h attribuée au Messerschmitt Me 163 B, et atteindrait, d'après les derniers renseignements américains, 980 km/h.

En juillet 1943, la Lockheed Aircraft Corporation a reçu des American Air Forces la commande pour l'étude et la construction d'un monoplace de chasse équipé du turbo-réacteur de Havilland-Whittle, construit par la General Electric Co et Allison, de la General Motors, et développant environ 3 500 ch.

Grâce au concours de l'Air Service Technical Command et de la Royal Air Force, le P. 80 A, appelé alors XP 80 (la lettre X est attribuée aux nouveaux appareils jusqu'à leur adoption officielle) fut essayé en vol.

L'appareil est un monoplane à aile basse et simples dérives de formes orthodoxes.

Le fuselage, elliptique puis circulaire, est très allongé vers l'avant. Il contient dans le nez l'armement, vraisemblablement composé de six mitrailleuses lourdes de 12,7 mm et de deux canons de 20 mm. Au niveau du bord d'attaque de l'aile se trouve le poste de pilo-

tage, abrité par un cockpit à vision totale. Ce poste est traité en cabine étanche pour le vol à haute altitude et prévu pour l'utilisation de l'équipement antiaccélération du Dr Berger, le fameux « G-Suit ». Derrière le pilote est disposé un réservoir de combustible, deux autres réservoirs étant logés dans le bord d'attaque de l'aile. Ensuite vient le moteur General Electric « Superjet », dont les deux orifices d'alimentation en air s'ouvrent de part et d'autre du fuselage en avant des carènes de raccordement de l'aile. Les gaz propulsifs s'échappent à l'extrémité arrière du fuselage. Le moteur peut se changer en 15 minutes. L'aile possède un profil à écoulement laminaire presque symétrique, à bord d'attaque effilé. L'épaisseur relative atteint 21 % seulement au voisinage de la partie médiane. Un servo-moteur hydraulique commande les ailerons. Un moteur électrique commande les volets de courbure comme sur le Lockheed « Lightning », réduisant des cinq sixièmes l'effort à fournir par le pilote.

Le gouvernail de direction fait suite à une dérive raccordée au fuselage par une arête dorsale. Le plan fixe est médian. L'ensemble est recouvert d'une laque incolore assurant un haut degré de poli.

Le train d'atterrissage est tricycle avec une roue avant orientable et deux roues principales se relevant vers le fuselage.

Le poids est d'environ 6 300 kg à pleine charge. On vante la maniabilité, due à sa faible charge alaire.

Le Lockheed P.80 A est un peu plus grand que le Gloster E-28/39, ce qui permet d'admettre les caractéristiques suivantes : env.

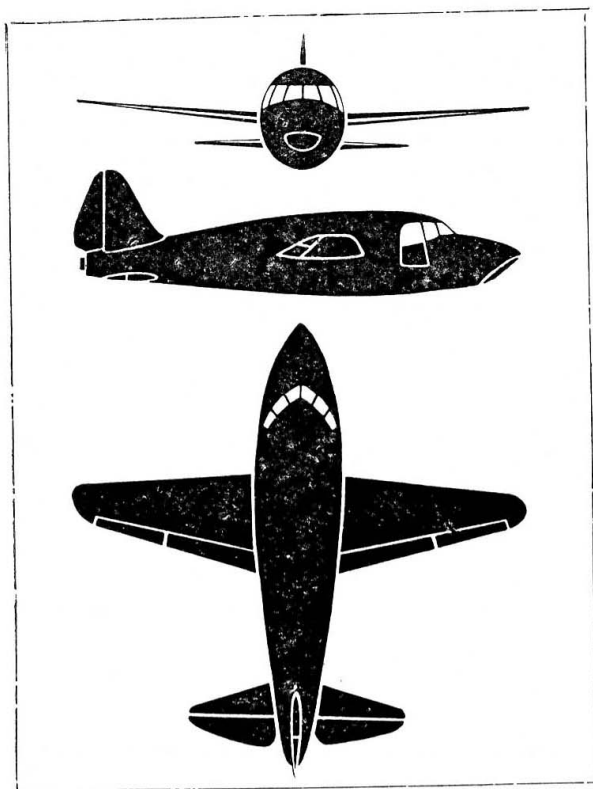


FIG. 15. — LE PREMIER AVION FRANÇAIS A RÉACTION S.O. 6000 (ENVERGURE 9,20 M, LONGUEUR 10,15 M)

gure, 11,89 m; longueur, 10,52 m. L'autonomie est estimée à 1 000 km, soit une heure de vol. L'armement consiste en six mitrailleuses dans le nez du fuselage.

Bien qu'originellement conçu comme chasseur, le P 80 A remplacera le Lockheed P 38 « Lightning » dans de nombreuses missions : bombardement, attaque au sol, reconnaissance photographique, etc.

Plusieurs usines, dont la filiale de Kansas City de la North American Aviation, construisent ce nouveau chasseur en dehors des quatre usines Lockheed. Il serait produit en deux versions : une à réaction pure (turbo-réacteur); une seconde avec un groupe moteur à hélice assisté d'un ou plusieurs réacteurs (moto-propulsion). Cette dernière version serait destinée aux missions à basse altitude.

Le S. O. 6000

Un appareil français à propulsion par réaction avait été étudié par les ingénieurs Riffert et Sédille. Un autre appareil, le S.O. 6000, dû à l'ingénieur Servanti, est en construction en France, à la S.N.C.A. du Sud-Ouest.

Le S.O. 6000 est un monoplan métallique à aile médiane avec simple dérive et plan fixe surbaissé. L'aile se décompose en deux demi-ailes, à profil à écoulement laminaire, s'attachant au fuselage par une ferrure, spéciale en acier à haute résistance, fixée sur le longeron, et par une cornière boulonnée. Le longeron est situé au voisinage de l'épaisseur maximum, assurant une grande résistance aux vibrations.

Le fuselage, très ventru, de section ovoïde, comporte, sous le nez, l'orifice d'entrée d'air pour le compresseur. L'air est dirigé à travers le fuselage, entre les deux sièges avant côte à côte, abrités par un habitacle à grand champ de vision. Le turbo-réacteur Rateau, dont la puissance atteint 3 000 ch pour une vitesse d'éjection de 250 m/s, se place derrière la cabine, dans un berceau réservé à cet effet, et est fixé en trois points, au moyen de ferrures spéciales. Sous le réacteur, dans la partie inférieure du fuselage, un réservoir d'essence de 1 200 litres est protégé du rayonnement par une paroi horizontale doublant son poids. Les deux roues principales du train d'atterrissage se relèvent hydrauliquement dans le fuselage.

Le S.O. 6000 est très petit pour un biplace. Son envergure est de 9,16 m seulement pour une longueur de 10,13 m et une hauteur de 3,12 m. La surface portante atteint 14 m²; le poids à vide se tient aux environs de 2,7 tonnes et le poids total est de 3 600 kg, donnant une charge alaire de 260 kg/m². La vitesse maximum théorique est de 900 km/h. Les premiers vols auront probablement lieu vers le début de 1946.

La tuyère thermopropulsive Leduc

Leduc est un des premiers ingénieurs ayant fait breveter des dispositifs de propulsion par réaction et ayant entrepris la construction d'un avion. Les tuyères thermo-propulsives Leduc ont été décrites dans cette revue (1).

Rappelons que le fuselage même de l'avion sert d'enveloppe extérieure. L'air entre librement par l'avant du fuselage et est comprimé statiquement en passant autour de la cabine étanche située dans l'axe de l'appareil. Il passe ensuite dans la partie contenant les brûleurs, et s'échappe à l'arrière. Ce cycle exige, pour démarrer, une certaine pression qui ne peut être obtenue qu'en lançant l'avion par un procédé auxiliaire : avion tracteur, catapulte ou fusée de décollage.

Au poids total de 2 tonnes, l'appareil aurait un rayon d'action de 4 000 km à 20 000 mètres d'altitude pour une vitesse de 1 000 km/h.

Le calcul démontre que, même à la vitesse de 1 000 km/h atteinte par l'avion, le rapport de compression n'est que de 2. Le rendement thermodynamique est donc assez bas, et la consommation spécifique de carburant très élevée. Mais le poids au cheval de ce propulseur n'est que de quelques grammes, alors que celui des meilleurs groupes moteur-hélice dépasse 1 kg, ce qui constitue une compensation non négligeable.

(1) Voir : « Le moteur à réaction » (*Science et Vie*, n° 232, octobre 1936).

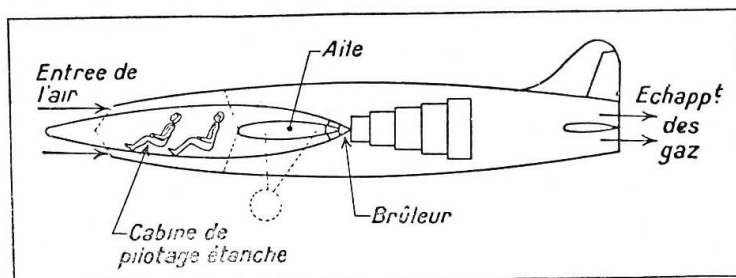


FIG. 16. — SCHÉMA DE L'AVION LEDUC A TUYÈRE THERMOPROPULSIVE

Les ateliers Bréguet, à Toulouse, étudient depuis 1943 un avion basé sur les principes de Leduc et dont la vitesse était estimée à 500 km/h. Il semble que cette réalisation diffère sensiblement du projet initial et se rapproche du dispositif turbo-réacteur, car on mentionne l'utilisation, pour le démarrage du compresseur, d'une turbine à vapeur. Cette turbine développerait une puissance de 1 200 ch à 3 000 tours/minute pour une pression de vapeur de 130 kg/cm².

Quelques autres appareils

Voici encore quelques appareils à réaction sur lesquels on manque de précisions.

Le *Heinkel « T »* (allemand) est un monoplan métallique à aile mi-basse caractérisé par un énorme fuselage-tonneau rappelant celui du Caproni-Stipa. Les empennages, de très grandes dimensions, ne lui ont pourtant pas assuré une maniabilité suffisante, principalement dans les retournements et les virages sur l'aile à grande vitesse. Le réacteur, de type non précisé, est logé dans le fuselage, et le poste de pilotage, en cabine étanche, fait saillie à l'extrême avant au-dessus de l'ouverture d'entrée d'air. L'envergure serait de 7,90 m pour une longueur de 5,90 m. Il atteindrait 800 km/h, mais aurait recours à un Heinkel 111 équipé de fusées pour un décollage assisté.

Le *Lowenthal 47* (allemand) est la désignation provisoire d'un monoplan à aile médiane de 14 mètres d'envergure dont le profil semble plus effilé à l'avant qu'au bord de fuite. L'aile présente en outre un fort dièdre. Le fuselage très mince, long de 12 m, a un nez extraordinairement long : 4 m à 4,5 m. Les empennages sont décalés, le plan fixe, d'une envergure de 6,5 m environ et à bord d'attaque curviligne, est calé en avant de la dérive simple, à 6,7 m du bord de fuite de l'aile.

Cet appareil ne posséderait qu'un seul réacteur, aurait un train tricycle et serait armé de plusieurs canons logés dans le nez.

Le *Dornier Do 335* (allemand) serait un bombardier léger, propulsé par deux réacteurs, atteignant 700 à 800 km/h et emportant un chargement de bombes de 1 800 kg.

Le *Rechlin 66* (allemand) serait un monoplan « canard » à aile basse ou médiane; de faible allongement avec flèche prononcée et bords marginaux pointus. Le fuselage serait assez épais et les cotes de cet avion : envergure, 19 à 20 m; longueur, 17 à 18 m; envergure du stabilisateur, 6 à 7 m; corde maximum de l'aile,

4,50 m, sont considérées comme provisoires.

La firme Focke-Wulf aurait aussi réalisé un chasseur. On a également observé en Allemagne un bifuselage s'apparentant au chasseur de nuit américain « Black Widow » et possédant un habitacle vitré à l'avant, sous le fuselage.

Le *Fireball* (américain) est un chasseur propulsé par réaction, récemment annoncé comme devant être au premier plan de la guerre dans le Pacifique et probablement construit par Ryan.

Le *Heinkel He 178* (allemand) est un appareil expérimental qui aurait effectué son premier vol le 27 août 1939.

Enfin, le *De Havilland « Vampire »* (anglais) est un monoplace de chasse pour lequel on réclame une très grande maniabilité et une vitesse

largement supérieure à celle du Lockheed P 80 « Shooting-Star ». On remarque à cet effet que c'est le premier appareil de la R.A.F. crédité officiellement de plus de 800 km/h.

Nous avons vu, au cours de ce rapide tour d'horizon, que la propulsion des avions par réaction subit un développement accéléré, principalement du fait des exigences de la guerre.

Conclusion

Tout en étant à ses débuts de réalisation pratique, ce mode de propulsion connaît des résultats extrêmement encourageants et propres à inciter les ingénieurs à la recherche systématique de solutions d'avenir.

Ces recherches sont multiples. Elles porteront sur la forme générale de l'avion, la disposition des principaux organes de sustentation, leur structure même, l'étude des

profils d'aile à écoulement laminaire et destinés à atténuer les phénomènes aérodynamiques rencontrés à l'approche de la vitesse du son.

Le propulseur offre également un vaste champ d'expériences en ce qui concerne le mode de réalisation choisi, la répartition des organes, les types de compresseurs et de turbines, les chambres de combustion, les injecteurs, le carburant, les métaux destinés à supporter de hautes températures tout en étant soumis à des contraintes diverses, dont la principale semble être la force centrifuge, etc. Enfin, les dispositifs de refroidissement peuvent faire l'objet d'études fructueuses.

Bien des brevets français ont été pris depuis bientôt trente ans. Il manque à nos ingénieurs l'expérience en vol et nous souhaitons que ce retard, imputable en partie à l'occupation allemande, soit rapidement comblé.

G. GEDOVIOUS.

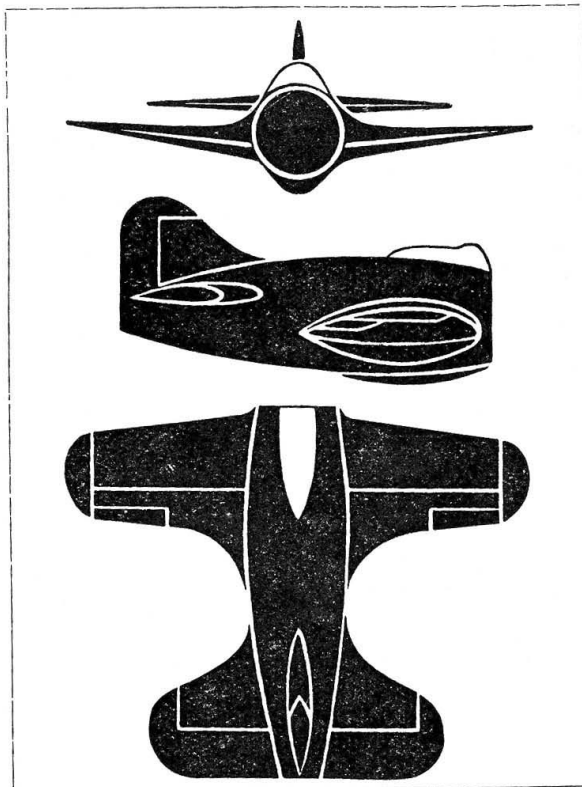


FIG. 17. — LE CHASSEUR ALLEMAND MONOMOTEUR A RÉACTION HEINKEL « T »